

LUCIANA ZABROCKI BORGES

**CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CINZA PARA PROMOÇÃO DA
SUSTENTABILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, setor de tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Daniel Costa dos Santos

**CURITIBA
OUTUBRO 2003**

TERMO DE APROVAÇÃO

LUCIANA ZABROCKI BORGES

CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CINZA PARA PROMOÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná, pela comissão formada pelos professores:

Orientador: Prof. Daniel Costa dos Santos
Setor de Tecnologia, UFPR

Prof. Ida Chapaval Pimentel
Setor de Ciências Biológicas

Prof. Paulo Roberto Janissek
UFPR

Prof. Sandra Mara Alberti
Setor de Tecnologia, UFPR

Curitiba, 14 de outubro de 2003.

“Aos meus pais,
Max Roberto e Doralice
Ao meu esposo,
Marcelo
Aos meus filhos,
Lucas e João Pedro”

AGRADECIMENTOS

Agradecemos sinceramente a todos que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho.

A DEUS pela vida e pelo dom da sabedoria.

Ao meu orientador e professor Daniel Costa dos Santos, pelo auxílio, dedicação e estímulo com o qual me conduziu nesta pesquisa.

A Universidade Federal do Paraná pela oportunidade.

Ao CNPq, pelo suporte financeiro para realização das análises de laboratório necessárias para se atingir o objetivo desta pesquisa.

Ao LACTEC, pelo apoio financeiro.

Aos alunos do curso de Engenharia Civil Bruno Hohmann, Leila Seleme Mariano, Lorena Dutra Teixeira de Freitas pelo suporte nas coletas de água cinza.

A minha mãe, pela infindável ternura e carinho.

Ao meu marido, pela paciência e incentivo.

Aos meus filhos, pela compreensão.

As minhas amigas Márian da Costa Rohn, Milena Mariano dos Santos, Rosana de Fátima Colaço e Rosilete Busato pela prestatividade e apoio.

Aos meus colegas de trabalho do CEHPAR, pelo companheirismo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 JUSTIFICATIVA	3
1.2 OBJETIVO	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	5
2.1.1 Conceito	5
2.1.2 Agenda 21 e os Recursos Naturais.....	6
2.1.3 Agenda 21 Brasileira	8
2.2 CONSUMO DE ÁGUA NO MEIO ANTRÓPICO	8
2.2.1 Usos da Água	8
2.2.2 Consumo Urbano de Água	11
2.2.2.1 Consumo Público	11
2.2.2.2 Consumo Doméstico	12
2.3 CONSERVAÇÃO DA ÁGUA	15
2.3.1 Conceito de Conservação	15
2.3.2 Conservação da Água na Bacia Hidrográfica	15
2.3.2.1 Ações de Uso Racional	18
2.3.2.2 Utilização de Fontes Alternativas	19
2.3.3 Conservação da Água nos Sistemas Públicos de Abastecimento (SPA)	20
2.3.3.1 Perdas de Água	20
2.3.3.2 Formas de Conservação no Sistema Público de Abastecimento	23
2.3.4 Conservação da Água nas Edificações	23
2.3.4.1 Perdas nos Sistemas Prediais	23
2.3.4.2 Formas de Conservação nas Edificações	24
2.4 ÁGUA CINZA	26
2.4.1 Conceito	26
2.4.2 Volume de Água Cinza Gerado em uma Habitação	29
2.4.3 Parâmetros Físicos e Químicos das Águas Residuárias	29
2.4.4 Parâmetros Microbiológicos das Águas Residuárias	33
2.4.4.1 Indicadores Microbiológicos de Contaminação	36
2.4.5 Aplicações da Água Cinza	39
2.4.5.1 Usos Domésticos Não Potáveis	39
2.4.5.2 Irrigação	40
2.4.6 Aspectos de Saúde Pública	43
2.4.7 Critérios de Aplicabilidade Para Reuso de Águas	47
3 METODOLOGIA PARA CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CINZA	51
3.1 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS	51
3.2 PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM	54
3.2.1 Materiais Utilizados	54
3.2.2 Equipamentos Portáteis	54
3.2.3 Pontos de Coleta	54
3.2.4 Procedimentos de Coleta das Amostras	56

3.3 ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA CINZA	57
3.3.1 Análises in Loco	57
3.3.1.1 Potencial Hidrogeniônico – pH	57
3.3.1.2 Oxigênio Dissolvido – OD	59
3.3.1.3 Cloro Residual Livre e Cloro Total	60
3.3.2 Análises Laboratoriais	61
3.3.2.1 Turbidez	61
3.3.2.2 Cor	61
3.3.2.3 Fósforo Total	61
3.3.2.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	62
3.3.2.5 Coliformes Totais e Coliformes Fecais	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
5 ESTUDO DE CASO	70
5.1 APRESENTAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO.	70
5.2 MANANCIAIS UTILIZADOS ATUALMENTE	71
5.2.1 Bacia do Iguaçu	72
5.2.2 Aquífero Karst	74
5.3 MANANCIAIS SUPERFICIAIS FUTUROS	75
5.3.1 Bacia do Rio da Várzea	75
5.3.2 Bacia do Rio Capivari	75
5.3.3 Bacia do Rio Açungui	76
5.3.4 Bacia do Rio Arraial	76
5.4 AVALIAÇÃO FUTURA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA RMC .	76
5.5 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO REUSO DE ÁGUA CINZA PARA RMC	78
5.6 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO REUSO DE ÁGUA CINZA PARA RMC	83
6 CONCLUSÕES	85
7 RECOMENDAÇÕES	87
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 –IMPORTÂNCIA DOS CONTAMINANTES NO ESGOTO	30
QUADRO 2 – CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA CINZA A SEREM DETERMINADAS EM FUNÇÃO DA ORIGEM	31
QUADRO 3 – ORGANISMOS E DOENÇAS A ELES ASSOCIADOS	36
QUADRO 4 – RISCOS DE SAÚDE ASSOCIADOS ÀS FORMAS POSSÍVEIS DE REUSO	44
QUADRO 5 – PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA RECUPERADA – EPA.....	49
QUADRO 6 – PADRÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA RECUPERADA – FLORIDA	50
QUADRO 7 – DADOS GERAIS DOS PONTOS DE COLETA	55
QUADRO 8 – DISPONIBILIDADE HÍDRICA DOS MANANCIAIS DA RMC	72
QUADRO 9 – CRITÉRIO DE QUALIDADE ADOTADO PARA ÁGUA CINZA	84

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CONSUMO DE ÁGUA NA INDÚSTRIA	10
TABELA 2 - CONSUMO DE ÁGUA PER CAPITA POR CONTINENTE	10
TABELA 3 – DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO (1,1 BILHÃO) SEM ACESSO DE ÁGUA	12
TABELA 4 – COBERTURA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POR TIPO DE CATEGORIA	12
TABELA 5 – QUANTIDADE MÍNIMA DE ÁGUA PARA DIVERSOS USOS	13
TABELA 6 – ESTIMATIVA DO CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA PARA 2000	13
TABELA 7 – DESAGRAGAÇÃO DO CONSUMO DOMÉSTICO DE ÁGUA	14
TABELA 8 – DESAGRAGAÇÃO DO CONSUMO DOMÉSTICO DE ÁGUA SEGUNDO O IPT	14
TABELA 9 – PERCENTUAL DE PERDAS EM RAMAIS PREDIAIS	21
TABELA 10 – PERCENTUAL DE VAZAMENTOS EM ACESSÓRIOS DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO	21
TABELA 11 – PERCENTUAL APROXIMADO DE ESGOTO E ÁGUA CINZA GERADOS EM UMA HABITAÇÃO	29
TABELA 12 – CONCENTRAÇÕES DOS PRINCIPAIS CONTAMINANTES DO ESGOTO BRUTO.....	30
TABELA 13 – COMPOSIÇÃO DA ÁGUA CINZA EM FUNÇÃO DA SUA ORIGEM – MELBOURNE	32
TABELA 14 – COMPOSIÇÃO DA ÁGUA CINZA EM PLANTAS DE TRATAMENTO – BERLIM	33
TABELA 15 – COMPOSIÇÃO TÍPICA DA ÁGUA CINZA COMPARADA AO ESGOTO BRUTO	33
TABELA 16 – PRESENÇA DOS ORGANISMOS NOS ESGOTOS	37
TABELA 17 – CONCENTRAÇÕES DE COLIFORMES FECAIS NA ÁGUA CINZA	38
TABELA 18 – CONCENTRAÇÕES DE COLIFORMES FECAIS NA ÁGUA CINZA EM FUNÇÃO DE SEUS ATRIBUTOS	39
TABELA 19 – CRITÉRIOS DE QUALIDADE PARA ÁGUA RECUPERADA PARA USO EM BACIAS SANITÁRIAS	40
TABELA 20 – TRATAMENTO DA ÁGUA CINZA EM FUNÇÃO DO TIPO DE IRRIGAÇÃO	41
TABELA 21 – CONCENTRAÇÕES DE NUTRIENTES NA ÁGUA CINZA	42
TABELA 22 – TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA DE ALGUNS MICRORGANISMOS NA ÁGUA DOCE, NO ESGOTO E NO SOLO	45
TABELA 23 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA CINZA	64
TABELA 24 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CINZA	65
TABELA 25 – COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA CINZA COM AS DO ESGOTO BRUTO	67
TABELA 26 – COMPARAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DA ÁGUA CINZA ENCONTRADAS NESTE TRABALHO COM OUTROS AUTORES	68
TABELA 27 – CRITÉRIOS DE APLICABILIDADE PARA O REUSO DE ÁGUA EM FINS URBANOS NÃO POTÁVEIS	69
TABELA 28 – DISPONIBILIDADE HÍDRICA DOS TRÊS CENÁRIOS – RMC	77
TABELA 29 – POPULAÇÃO, DEMANDA MÉDIA E DEMANDA COMPENSADA PARA O PERÍODO DE 2000 A 2050 – RMC	78
TABELA 30 – CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA POTÁVEL EM FUNÇÃO DO REUSO DE ÁGUA CINZA PARA RMC	79
TABELA 31 – POPULAÇÃO, DEMANDA MÉDIA E DEMANDA COMPENSADA PARA O PERÍODO DE 2000 A 2050 –RMC, CONSIDERANDO O REUSO DA ÁGUA CINZA	80

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – USOS DA ÁGUA	9
FIGURA 2 – ORIGEM DA ÁGUA RECUPERADA EM SISTEMAS DE RECICLAGEM DO JAPÃO	26
FIGURA 3 – ESQUEMA DE REUSO DA ÁGUA CINZA EM HABITAÇÕES RESIDENCIAIS	28
FIGURA 4 – CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE BACTÉRIAS NA ÁGUA CINZA	46
FIGURA 5 – COLETA DA AMOSTRA DA ÁGUA CINZA	56
FIGURA 6 – PHMETRO	58
FIGURA 7 – OXÍMETRO PORTÁTIL	59
FIGURA 8 – KIT DE CLORO LIVRE E TOTAL	60
FIGURA 9 – CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA	71
FIGURA 10 – MANANCIAIS DA BACIA DO IGUAÇU	74
FIGURA 11 – COMPARAÇÃO ENTRE AS DEMANDAS MÁXIMAS COMPENSADAS COM E SEM REUSO DA ÁGUA CINZA E A DISPONIBILIDADE HÍDRICA – CENÁRIO 1	81
FIGURA 12 – COMPARAÇÃO ENTRE AS DEMANDAS MÁXIMAS COMPENSADAS COM E SEM REUSO DA ÁGUA CINZA E A DISPONIBILIDADE HÍDRICA – CENÁRIO 2	82
FIGURA 12 – COMPARAÇÃO ENTRE AS DEMANDAS MÁXIMAS COMPENSADAS COM E SEM REUSO DA ÁGUA CINZA E A DISPONIBILIDADE HÍDRICA – CENÁRIO 3	83

LISTAS DE SIGLAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
CEPPA – CENTRO DE PESQUISA E PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS
CF – COLIFORMES FECALIS
CI – CLORO
CMMAD – COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
CONANA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE
CPDS COMISSÃO DE POLÍTICAS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E DA AGENDA 21 NACIONAL
CT – COLIFORMES TOTAIS
DBO – DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO
DQO – DEMANDA QUÍMICA DE OXIGÊNIO
EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS
NMP – NÚMERO MAIS PROVÁVEL
PNCDA – PROGRAMA NACIONAL DE COMBATE AO DESPERDÍCIO DE ÁGUA
PNUMA – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE
ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS
RMC – REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA
SABESP – COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SANEPAR – COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ
SP – SISTEMAS PREDIAIS
SPA – SISTEMAS PREDIAIS DE ABASTECIMENTO
SS – SÓLIDOS SUSPENSOS
SST – SÓLIDOS SUSPENSOS TOTAIS
UFC – UNIDADES FORMADORAS DE COLÔNIAS
UNICEF – UNITED NATION CHILDREN'S FOUNDATION
WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION

RESUMO

O elevado crescimento populacional, o aumento do consumo per capita e a constante degradação dos corpos hídricos são algumas das dificuldades enfrentadas pelas companhias de abastecimento de água para manter o equilíbrio entre a oferta e a demanda de água. Com isso, tem-se buscado desenvolver medidas de conservação da água que englobam as ações de uso racional e a utilização de fontes alternativas. Dentre a utilização de fontes alternativas de água este trabalho apresenta a caracterização qualitativa do efluente doméstico conhecido como água cinza com o intuito de reutilizá-lo em usos não nobres, particularmente, na descarga de bacias sanitárias e na lavagem de pisos e automóveis. A caracterização qualitativa é resultado de uma pesquisa em 26 edifícios residenciais localizados em Curitiba, onde a água cinza foi coletada para as análises químicas, físicas e microbiológicas. Os parâmetros analisados foram cor, turbidez, pH, oxigênio dissolvido, coliformes totais e termotolerantes, cloro livre e residual e demanda bioquímica de oxigênio. As análises demonstraram considerável concentração de coliformes totais e termotolerantes na água cinza. A cor e a turbidez também foram expressivas, indicando a presença de sólidos. Os valores de oxigênio dissolvido foram aceitáveis, enquanto os valores da demanda bioquímica de oxigênio foram significativos. Na sequência, estes valores foram confrontados com valores limites estabelecidos por códigos internacionais para avaliar a possibilidade do uso da água cinza. Para todos os códigos avaliados, observou-se que as concentrações de coliformes totais e termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, turbidez e cor, ultrapassaram os valores máximos estabelecidos. De posse do diagnóstico de qualidade da água cinza é apresentada uma simulação, em termos quantitativos e qualitativos, da aplicabilidade do reuso desta água na cidade de Curitiba.

ABSTRACT

Population growth, the growth in consumption per head and the constant degradation of water supplies, are some of the difficulties confronting that water supply companies to maintain a balance in the supply and demand of water. There is research into methods of water conservation, encompassing the rational usage and utilization of alternative sources. Beyond the utilization of additional sources, this study presents the characterization of domestic effluent known as graywater, which can be reused in less noble uses as the discharge of sanitary basins and washing of floors and cars. The qualitative characterization of graywater is results of research in 26 local residential buildings in Curitiba, where graywater was collected for subsequent chemical, physical and microbiological analysis. The parameters of analysis were colour, turbidity, pH, dissolved oxygen, total and thermotolerant coliforms, free and residual chlorine and biochemical oxygen demand. The analyses revealed a considerable concentration of total and thermotolerant coliforms in the graywater. Similar findings were made in respect of colour and turbidity, suggesting a considerable presence of the solids. The levels of dissolved oxygen were acceptable, while the levels of biochemical oxygen demand were, on average, significant. Finally, the combined levels were compared with the maximum levels established by international regulations to determine its possibility of graywater use. According to all the international regulations, the concentrations of total and thermotolerant coliforms, biochemical oxygen demand, turbidity and colour were found to exceed the accepted maximum levels. According to the diagnostic of graywater quality in Curitiba, a simulation in qualitative and quantitative terms is attempted, focusing on its reuse in the metropolitan area.

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade, as civilizações procuram se estabelecer às margens dos corpos d'água. Isto porque, a água é um elemento indispensável à vida humana como também é insumo básico para o desenvolvimento e crescimento das atividades agrícolas, urbanas e industriais.

Ainda hoje, este quadro repete-se quando se constata que grandes centros urbanos situam-se nas cabeceiras de seus principais mananciais abastecedores. Para exemplificar, podemos citar as cidades de São Paulo e Curitiba e suas regiões metropolitanas que se alastram sobre os mananciais do Rio Tietê e do Rio Iguaçu, respectivamente.

Desta forma é inevitável a influência das ações antrópicas do homem sobre os mesmos, levando a sua degradação e comprometendo sua disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade.

Tal comprometimento tem levado o homem a assumir uma consciência mundial de que a água é um recurso finito e se apresenta como um “*commodity*” do novo século.

Isto fez com que inúmeros encontros internacionais discutissem sobre o direito universal ao acesso à água potável. Pode-se destacar entre estes a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992, da qual resultou a Agenda 21.

A Agenda 21, em sua essência, orienta ações e objetivos a serem atingidos de forma a promover o desenvolvimento sustentável, isto é, integrar o desenvolvimento econômico à proteção ambiental de forma a atender às necessidades das gerações atuais e futuras. Em seu Capítulo 18, propõe programas para o uso sustentável da água.

Assim, foram criadas leis que priorizam e disciplinam o uso dos recursos hídricos bem como, definidas ações e medidas de conservação de água.

Os planos de conservação de água envolvem o uso racional da água e/ou a utilização de fontes alternativas. Tais ações podem ser aplicadas na bacia hidrográfica,

nos sistemas públicos de abastecimento e nos sistemas prediais.

Em se tratando dos sistemas prediais, inúmeros estudos apresentam índices alarmantes sobre as perdas físicas em aparelhos sanitários como também o elevado consumo de água dos mesmos. Muitos estudos apontam que as perdas podem ser responsáveis por 40% do desperdício de água. Quanto ao consumo de água potável dentro das edificações a bacia sanitária é apontada, por muitos estudiosos, como a maior responsável pelo consumo sendo este da ordem de 41%.

As ações de conservação a serem empregadas para minimizar tais perdas e diminuir o consumo de água, nestes casos, podem ser a detecção e correção dos vazamentos e a substituição dos aparelhos por outros ditos, economizadores de água.

No estado de São Paulo, a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), em conjunto com a Universidade de São Paulo (USP) e o Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT), desenvolveram o PURA – Programa de Uso Racional da Água. As ações aplicadas por este programa na Escola Toufic Jouliam reduziram o consumo per capita de 23 l/aluno.dia para 4.6 l/aluno.dia.

Quanto ao uso de fontes alternativas, estas englobam a utilização de água da chuva, água subterrânea, água engarrafada, águas residuárias, entre outras.

As águas residuárias ou efluentes são utilizados por muitos países como fonte de suprimento para irrigação, que representa 70% do consumo total de água. Países como o Japão, a Austrália e unidades territoriais dos Estados Unidos praticam o reuso, seguindo padrões de qualidade em função dos usos previstos.

Em termos de reuso dentro da habitação, pode-se destacar o reuso da água cinza, mais conhecida como “*graywater*” e definida como o efluente proveniente do uso primário da água em lavatórios, chuveiros, banheiras, tanque e máquina de lavar roupas. O volume gerado deste efluente pode variar de um local para outro. Segundo SANTOS et al (2002) considerando apenas os volumes produzidos pelo lavatório e pelo chuveiro pode-se obter um volume da ordem de 75 l/hab.dia.

Logo, caracterizar a água cinza em termos quantitativos e qualitativos permite averiguar suas potencialidades de reuso para fins urbanos e, conseqüentemente,

contribuir para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos.

1.1 JUSTIFICATIVA

Estima-se que a população mundial atinja 6,06 bilhões de pessoas, sendo que destas 1,1 bilhão sofrem com escassez de água, seja em termos de qualidade e/ou de quantidade.

Segundo “*Guide to Global Water Issues*” (1999) a escassez de água dá-se em contagem progressiva, para alguns países, no período de 1955 – 2025:

- a) Países com água escassa em 1955: Malta, Djibuti, Barbados, Cingapura, Kuwait e Jordânia.
- b) Países adicionados à lista anterior em 1990: Qatar, Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos, Iêmen, Israel, Tunísia, Cabo Verde, Quênia, Burundi, Argélia, Ruanda e Somália.
- c) Países a serem adicionados em 2025: Líbia, Omã, Marrocos, Egito, Camarões, África do Sul, Síria, Irã, Etiópia e Haiti.

O Brasil, apesar de deter em seu território aproximadamente 11,6 % do total de água doce disponível (UNIVERSIDADE DA ÁGUA, 2003), sofre pela sua desigual distribuição e as previsões futuras de disponibilidade hídrica não são nem um pouco animadoras. Um estudo apresentado por ANDREOLI et al. (1999), sobre a disponibilidade de água para a cidade de Curitiba, mostra que os mananciais disponíveis serão suficientes até o ano de 2050 para o crescimento populacional mínimo e 2040 para o crescimento populacional máximo. Entretanto, caso nada seja feito em termos de planos de conservação dos recursos hídricos, as fontes se esgotarão entre 2030 e 2035 para o crescimento populacional máximo e 2035 e 2040 para o crescimento populacional mínimo. Como se percebe um futuro não muito distante.

Diante desta realidade este trabalho apresenta uma fonte de água de menor qualidade, caracterizada através de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de forma a avaliar seu reuso em aplicações menos nobres, como forma de prolongar a vida útil dos mananciais abastecedores e assegurar a sobrevivência do próprio homem.

1.2 OBJETIVO

O objetivo específico deste trabalho é a caracterização física, química e microbiológica da água cinza, de maneira a investigar a possibilidade de sua utilização e avaliar a decorrente economia de água obtida junto aos mananciais de Curitiba e sua respectiva Região Metropolitana.

Com isto espera-se contribuir para:

- a) Conscientizar da importância das ações e medidas de conservação da água potável;
- b) Assegurar a universalidade da água potável em quantidade mínima e qualidade adequada para a sobrevivência das gerações atuais e futuras.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

2.1.1 Conceito

As relações entre o meio ambiente e o desenvolvimento das populações já vem sendo discutidas desde a década de 70, sendo estas inicialmente debatidas na Conferência de Estocolmo (Fournex-Suíça), em 1971, que chamava a atenção das nações para a urgência em se criar mecanismos que tratassem dos problemas ambientais globais.

Criou-se, então, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e, em 1974, a Assembléia Geral da ONU estabeleceu uma declaração baseada em critérios de equidade, autodeterminação, interdependência, interesse comum e cooperação entre os estados membros. Um dos pontos abordados nesta declaração diz respeito à necessidade de combater os desperdícios dos recursos naturais.

Entretanto, é com a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1983, que as relações entre meio ambiente e desenvolvimento são tidas como inseparáveis, conforme afirmou Gro Harlem Brudtland, citada por BARBIERI, 1998.

A partir de então, tem-se uma nova visão do desenvolvimento. O desenvolvimento busca não somente o crescimento econômico, mas o equilíbrio ecológico necessário à manutenção e perpetuação da espécie humana.

Como fruto do trabalho desta Comissão, resultaram os princípios do Desenvolvimento Sustentável, o qual se caracteriza por um “processo de transformação na qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam e

reforçam o potencial presente e futuro, a fim de atender às necessidades e aspirações humanas” (CMMAD, apud BARBIERI, 1998)

Da definição acima, é importante ressaltar as expressões “transformação” e “harmonizam”, que evidenciam o desejo de mudança nos atuais padrões de desenvolvimento e uma interação das ações do homem sobre o meio em que vive, de forma a valorizá-lo como capital natural e fonte permanente de riqueza.

Para que sejam atingidos os objetivos do Desenvolvimento Sustentável, a Agenda 21, um dos documentos oficiais da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO-92), traz as bases para ação, os objetivos e meios de implementação dos programas que aplicados localmente podem melhorar as condições sociais, econômicas e ambientais de forma global.

2.1.2 Agenda 21 e os Recursos Naturais

Do total de água existente na Terra, que é de $1.36 \times 10^8 \text{ m}^3$, apenas 0,8% trata-se de água doce e deste percentual apenas 3% da água doce está na forma de água superficial.

Segundo a ONU (1997), atualmente o ser humano utiliza mais da metade da água disponível proveniente de rios e a previsão para 2025 é que este percentual atinja 70%.

Entretanto, a quantidade de água produzida pelo ciclo hidrológico é, hoje, basicamente a mesma que em 1950 e deverá ser a mesma em 2050 (Revista Bio, 2000).

Entretanto, existem outros aspectos que comprometem a disponibilidade hídrica, tais como: a desigual distribuição espacial e temporal das fontes de água doce, a degradação ambiental e o crescimento da demanda por água.

Os aspectos citados podem ser facilmente notados em se tratando dos recursos hídricos brasileiros. As regiões Sul e Sudeste apresentam, nos dias de hoje, uma malha hídrica capaz de suprir as demandas de água em termos de quantidade.

Porém a qualidade dos corpos hídricos está comprometida em virtude de lançamentos indiscriminados de despejos domésticos e industriais, da ocupação ilegal das áreas de mananciais, da destruição da mata ciliar, do assoreamento da calha natural dos rios, de derramamentos de produtos tóxicos, entre outros.

Em contrapartida, na região Nordeste a situação é mais grave e preocupante, uma vez que a distribuição espacial da água é irregular e os mananciais superficiais se encontram contaminados.

Diante do exposto e sendo a água um recurso natural imprescindível ao desenvolvimento econômico e social das nações, a Agenda 21, em seu capítulo 18 denominado “Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos: Aplicação de Critérios Integrados no Desenvolvimento, Manejo e Uso dos Recursos Hídricos”, propõe áreas de programas a serem desenvolvidos para assegurar a sustentabilidade dos recursos hídricos.

Cabe salientar a área “Desenvolvimento e Manejo Integrado dos Recursos Hídricos”, que retrata sobre as formas de conservação dos recursos hídricos. Entre as atividades propostas por esta área do programa pode-se citar:

- a) Elaboração de planos nacionais de proteção e conservação dos recursos hídricos;
- b) Reutilização, reciclagem e recuperação, tratamento e eliminação ambientalmente segura de efluentes;
- c) Promoção do uso de águas servidas devidamente tratadas e purificadas na agricultura, aquicultura, indústria e outros setores;
- d) Desenvolver fontes novas e alternativas de abastecimento de água, tais como a dessalinização da água do mar, a reposição artificial de águas subterrâneas, o uso de água de pouca qualidade, o aproveitamento de águas residuais e reciclagem de água;
- e) Minimização do desperdício de água por todos os usuários.

2.1.3 Agenda 21 Brasileira

A construção da Agenda 21 Brasileira foi realizada pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional – CPDS. Esta comissão, criada em 1997, é constituída por representantes do governo e da sociedade civil, do setor produtivo, das ONG's e do setor acadêmico.

A Agenda 21 Brasileira é baseada no conceito da sustentabilidade ampliada e progressiva. A sustentabilidade ampliada refere-se a:

- a) Sustentabilidade Econômica: regularidade de investimentos públicos e privados.
- b) Sustentabilidade Política: inserção de todos os indivíduos no processo de desenvolvimento.
- c) Sustentabilidade Social: melhora na qualidade de vida da população.
- d) Sustentabilidade Ambiental e Ecológica: manutenção e preservação do capital natural, respeitando o tempo de regeneração e reposição do meio ambiente.

Quanto a sustentabilidade progressiva esta significa administrar, no tempo e no espaço, os conflitos oriundos das mudanças do novo modelo de desenvolvimento.

Entre as ações prioritárias da Agenda 21 Brasileira, o Objetivo 15 desta cita ações e recomendações para preservação qualitativa e quantitativa da água na bacia hidrográfica.

2.2 CONSUMO DE ÁGUA NO MEIO ANTRÓPICO

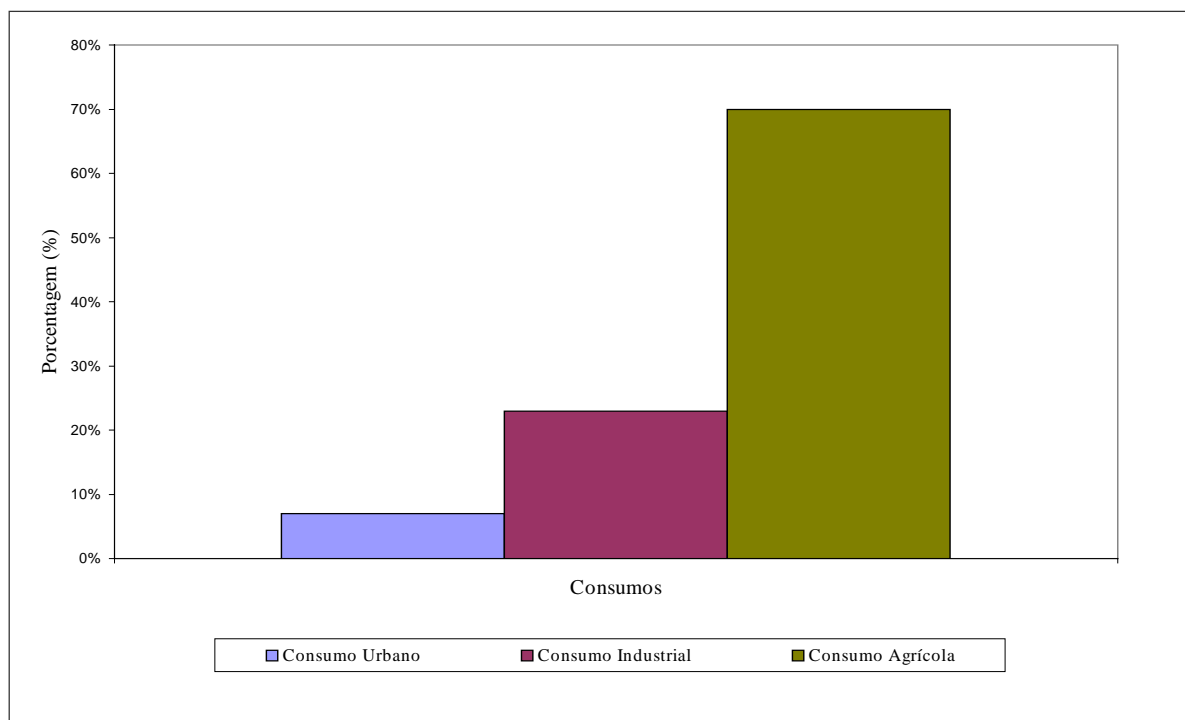
2.2.1 USOS DA ÁGUA

A água destina-se a atender um infinito rol das atividades humanas. Basicamente as fontes naturais de água, sejam elas superficiais ou subterrâneas, são utilizadas para atender às inúmeras demandas:

- a) Abastecimento doméstico;
- b) Abastecimento comercial;
- c) Abastecimento industrial;
- d) Abastecimento público;
- e) Irrigação;
- f) Geração de energia elétrica;
- g) Navegação;
- h) Recreação e turismo ecológico;
- i) Dessedentação de animais;
- j) Usos Especiais.

Estas demandas são fortemente influenciadas por fatores como o clima, padrão de vida da população, qualidade da água fornecida, custo da água, sistema de medição, entre outros. Destacam-se, pelo seu grau de importância o consumo urbano, o consumo industrial e a irrigação.

FIGURA 1 – USOS DA ÁGUA



FONTE: adaptado de SETTI (1995)

Como visto, na Figura 1, a irrigação é responsável por 70% do consumo dos recursos hídricos disponíveis, e a quantidade de água a ser utilizada neste processo depende do tipo de cultura, do tipo de solo, das condições pluviométricas da região e da forma como se processa a irrigação podendo ser por aspersão ou gotejamento.

Quanto às atividades industriais, estas são responsáveis por um consumo de 23% da água constituindo-se em grandes consumidores per capita. Este consumo per capita varia de uma atividade industrial para outra, conforme pode se verificar pela Tabela 1.

TABELA 1 – CONSUMO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA

INDÚSTRIA	CONSUMO
	l/unid
Açúcar (kg)	100
Cerveja (L)	15 a 25
Papel (kg)	1500 a 2000

FONTE: Adaptado de TOMAZ (2000)

Entretanto, a água para consumo humano, que na Figura 1 representa a menor das três parcelas (7%), é prioritária em casos de carência por quantidade ou qualidade, segundo a Conferência de Mar Del Plata (1977) e a ECO 92 (1992), conforme citado por GLEICK (1999).

O consumo anual per capita de água envolvendo o consumo doméstico, agrícola e industrial pode ser visto na Tabela 2.

TABELA 2 – CONSUMO DOMÉSTICO, AGRÍCOLA E INDUSTRIAL PER CAPITA POR CONTINENTE

CONTINENTE	CONSUMO PER CAPITA
	l/hab/dia
América do norte	1680
América Latina e Caribe	402
Europa	626
Ásia	542
África	202
Oceania	586

FONTE: MARGAT (1998)

2.2.2 Consumo Urbano de Água

2.2.2.1 Consumo Público

As formas de acesso à água são os sistemas públicos de abastecimento que compreendem as fases de captação, tratamento e distribuição; os poços artesianos; as fontes naturais, como as nascentes; torneiras comunitárias; caminhões pipa; água engarrafada entre outras.

Segundo dados da WHO & UNICEF (2000), a população atendida pelo sistema de abastecimento através de ramais prediais na África, na Ásia, na América Latina e no Caribe nestes últimos dez anos (1990-2000) passou de 41% para 47%, enquanto outras formas de suprimento perfazem 31%. Na América Latina e Caribe, por exemplo, 66% das pessoas têm acesso a rede predial de água, ao passo que na África e Ásia este percentual corresponde a 24% e 49%, respectivamente.

Ainda segundo este informativo, a África, que apresenta a maior taxa de crescimento populacional, de 4,02% ao ano, tem também o maior contingente populacional sujeito às restrições de consumo de água. Basicamente, parte do abastecimento é feita através de torneiras públicas.

Quanto ao Brasil, e segundo dados do IBGE (2000), verifica-se que a cobertura através de rede geral representa 77,8%. As regiões Sul e Sudeste contam, para áreas urbanas, com uma cobertura de 90%, enquanto que na Região Nordeste, a rede pública atinge apenas 66,4%.

Estimou-se que a população mundial atingiria 6.06 bilhões de pessoas no ano de 2000 e que destas, 47% habitassem em áreas urbanas. Entretanto, em relação ao serviço de abastecimento de água, a população atendida com alguma forma de suprimento passou de 4.1 bilhões (79%) em 1990 para 4.9 bilhões (82%) em 2000. (WHO & UNICEF, 2000).

Diante disso, pode-se constatar que 1.1 bilhão de pessoas sofrem com a falta de água ou dispõe de fontes cuja qualidade é discutível em termos de sua potabilidade e

segurança para o consumo humano.

Deste contingente da população mundial os mais afetados com o quadro de indisponibilidade hídrica são aqueles que moram nos continentes africano e asiático, conforme apresentado na Tabela 3.

TABELA 3 – DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO (1.1 BILHÃO) SEM ACESSO À ÁGUA

CONTINENTE	DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO
	%
Ásia	63
África	28
América Latina	7
Europa	2

FONTE: WHO & UNICEF (2000)

Pode-se observar que a África e a Ásia apresentam altos déficits de cobertura dos serviços de abastecimento de água quando comparadas à América Latina e Caribe como mostra a Tabela 4.

TABELA 4 – COBERTURA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POR TIPO DE CATEGORIA

	ÁFRICA	ÁSIA	AMÉRICA LATINA E CARIBE	TOTAL
	%	%	%	%
Rede Predial	24	49	66	47
Outros Acessos	38	32	19	31
Nenhum Acesso	38	19	15	22

FONTE: WHO & UNICEF (2000)

2.2.2.2 Consumo Doméstico

O consumo per capita, em nível doméstico, é uma variável fundamental para avaliar o consumo urbano de água e a sua definição difere de uma região para outra em função de fatores como: clima, hábitos e nível de vida da população, presença de indústrias, preço da tarifa, perdas de água no sistema, pressão na rede.

O consumo per capita deve atender às necessidades básicas do ser humano o que levou muitas organizações a sugerirem uma quantidade mínima. A agenda 21, em seu capítulo 18, apresenta como meta de fornecimento de água tratada para 2005 uma

quantidade per capita de 40 litros. O Banco Mundial e a Organização Mundial da Saúde, apud GLEICK (1999), recomendam uma quantidade mínima de água entre 20 a 40 litros/pessoa.dia. Este autor sugere que a quantidade mínima per capita seja de 50 litros/pessoa.dia, sendo tal consumo per capita estimado com base nos consumos mínimos para usos diversos, conforme apresentado na Tabela 5.

TABELA 5 – QUANTIDADE MÍNIMA DE ÁGUA PARA DIVERSOS USOS

CONSUMO	QUANTIDADE MÍNIMA
	l/pessoa.dia
Água Potável	5
Serviços Sanitários	20
Banho	15
Preparo de Alimentos	10

FONTE: GLEICK (1999)

Contudo, estimou-se que para o ano de 2000 muitos países apresentassem consumo per capita inferior ao sugerido de 50 l/pessoa.dia.

TABELA 6– ESTIMATIVA DO CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA PARA 2000

PAÍS	POPULAÇÃO ESTIMADA (*10 ⁶)	CONSUMO DOMÉSTICO ESTIMADO l/pessoa.dia
Etiópia	69.99	9
Bangladesh	128.31	14
Nigéria	128.79	24
Indonésia	212,57	28
Índia	1.006,77	31
Paraguai	5.50	32
República Dominicana	8.50	48

FONTE: GLEICK (1999)

Em contrapartida, pode-se verificar que em outros locais do mundo o consumo per capita pode chegar a 150 litros/pessoa.dia e 300 litros/pessoa.dia como é o caso do europeu e do americano, respectivamente.

No Brasil, em pequenas cidades do Nordeste, a Fundação SESP apud NETTO (1998), registrou o consumo em torno de 100 litros por habitante por dia, enquanto a cidade de São Paulo apresenta um consumo por habitante dia da ordem de 200 litros.

A percentagem de água utilizada em cada uma das atividades do consumo doméstico pode ser vista na Tabela 7.

TABELA 7 - DESAGREGAÇÃO DO CONSUMO DOMÉSTICO DE ÁGUA

APARELHO	CONSUMO
	%
Descargas na Bacia Sanitária	41
Banho e Lavagem de Roupa	37
Cozinha – água para beber e cozinhar	2 a 6
Cozinha – lavagem de pratos	3 a 5
Lavanderia	4
Limpeza e Arrumação Geral da Casa	3
Rega de jardim com Sprinkler	3
Lavagem de Carros	1
Total	100

FONTE: QASIM, SYED R., apud TOMAZ (2000).

A desagregação do consumo doméstico de água, em nível de Brasil, foi avaliada através de um monitoramento piloto desenvolvido pelo IPT e realizado no conjunto habitacional da Cia de Desenvolvimento Habitacional e Urbanização do Estado de São Paulo – CDHU e algumas características dos aparelhos sanitários presentes nos locais de estudo são apresentadas:

- a) Bacia sanitária com caixa acoplada de volume normal de descarga maior que 8 litros.
- b) Bacia sanitária com volume normal de descarga maior que 6 litros.

O consumo de água para cada tipo de aparelho observado neste estudo é apresentado na Tabela 8.

TABELA 8 - DESAGREGAÇÃO DO CONSUMO DOMÉSTICO SEGUNDO IPT

APARELHO	CONSUMO
	%
Descargas na Bacia Sanitária	5
Banho	55
Cozinha	18
Tanque	3
Lavadora de Roupas	11
Lavatório	8
Total	100

FONTE: SILVA et al. (1998)

2.3 CONSERVAÇÃO DAS ÁGUAS

2.3.1 Conceito de Conservação

Segundo SANTOS (2002), a definição de conservação da água é atribuída às ações que favorecem a economia da água nos mananciais, nos sistemas públicos de abastecimento de água e nos sistemas prediais.

As ações de conservação podem ser de uso racional de água e/ou a utilização de fontes alternativas.

O uso racional da água envolve o combate ao desperdício da água através de detecção e correção de vazamentos, uso de aparelhos economizadores de água, sistemas de medição individualizada, entre outros.

Quanto ao uso de fontes alternativas, este significa buscar fontes diferentes ao sistema público de abastecimento. Destaca-se a água da chuva, a água cinza, a água subterrânea, entre outras.

Os programas de conservação podem atuar em três níveis (SILVA et al., 1998):

- a) Conservação da água bruta na bacia;
- b) Conservação no Sistema Público de Abastecimento;
- c) Conservação nos Sistemas Prediais.

2.3.2 Conservação da Água na Bacia Hidrográfica

Conforme apresentado anteriormente, grande parte da população mundial sofre com a escassez de água, seja por se apresentar em quantidade insuficiente, seja pela qualidade afetada pela ação antrópica do homem no meio em que vive. Neste contexto, pode-se citar como exemplos:

- a) Los Angeles e Denver, distanciadas por um terço do continente, disputam o uso da mesma água;
- b) Nova York importa água de reservatórios distantes devido à

contaminação dos poços locais;

- c) Cidades como Paris e a Região Metropolitana de São Paulo estão localizadas às cabeceiras ou às margens dos corpos d'água.

Para administrar o quadro atual, busca-se conceber formas de planejamento, gerenciamento e regulamentação para a gestão das águas. Neste sentido, a gestão das águas é definida como o conjunto de procedimentos utilizados na resolução de problemas referentes ao uso e ao controle dos recursos hídricos, de modo a suprir a demanda de água requisitada pelos diversos usos em conformidade com a disponibilidade limitada deste recurso (CAMPOS & STUDART, 2001).

Cabe ao planejamento efetuar o balanço oferta x demanda, com especial atenção no fato de que a simples expansão da oferta apresenta implicações financeiras, sócio-econômicas e ambientais. (POSTEL¹; GUY E MARVIN², apud BRAGA & RIBEIRO, 2001).

Quanto às ações do gerenciamento, e segundo SETTI (1995), o objetivo do gerenciamento é a distribuição eqüitativa dos recursos hídricos segundo a prioridade de uso e usuário.

Quanto à regulamentação, cabe organizar e disciplinar o uso da água, através da aplicação de instrumentos econômicos e não econômicos.

Leis e programas têm sido utilizados por muitos países para gerenciar e disciplinar a utilização de potencial hídrico em seus territórios nacionais. No Brasil, a necessidade de instituir-se uma legislação de Recursos Hídricos, bem como promover o gerenciamento destes deu-se, segundo o ex-secretário nacional de Recursos Hídricos Raymundo José Santos Garrido, por três motivos:

¹ POSTEL, S. 1992 The last oásis; facing water scarcity. London: Earthscan (Worldwatch Environmental Alert Series).

² GUY, S., MARVIN, S. 1996 Managing water stress: the logic of demand side infrastructure planning. Journal of Environmental Planning and Management, v.39, n.1, p. 123 – 128.

- a) Períodos de seca que atingem a Região Nordeste em oposto as enchentes que constantemente assolam a Região Sudeste;
- b) Contaminação dos corpos d'água, em virtude do crescimento populacional e das atividades industriais;
- c) Como consequência dos dois primeiros, surgiram os conflitos pela água.

Assim institui-se em 8 de janeiro de 1997, a Lei n. 9433 que trata sobre a Política Nacional dos Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Os objetivos básicos desta política são o de assegurar a disponibilidade de água às gerações atuais e futuras, bem como incentivar a utilização racional e integrada dos recursos hídricos.

A implementação desta Política e a coordenação do referido Sistema são de responsabilidade da entidade federal ANA – Agência Nacional de Águas com auxílio de entidades estaduais chamadas Comitês de Bacia. Cabe a esta agência atuar em duas linhas:

- a) Gerenciamento da demanda de água na região do semi-árido brasileiro, em virtude das secas prolongadas;
- b) Combater a poluição hídrica através do Programa Nacional de Despoluição de Bacias Hidrográficas.

Estes órgãos governamentais dispõem de instrumentos de gestão ambiental que regularizam e orientam o uso das fontes de água. Estes instrumentos podem ser de regulamentação ou econômicos.

Como instrumentos de regulamentação pode-se citar, como exemplo, a Resolução nº 20 do CONAMA, que estabelece a classificação dos rios de água doce, salobras e salinas, segundo seus usos prioritários e, mais recentemente, o processo de outorga de uso das águas que consta de uma autorização concedida pelo setor público ao usuário primário para que este tenha direito de acesso à água, bem como, de dispor seus efluentes em corpos receptores. Este processo busca manter um equilíbrio entre a disponibilidade oferecida pelo recurso hídrico e a necessidade de inúmeros usuários, bem como a distribuição equitativa entre os usuários.

Também se institui, em 1997, o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDa, que vislumbra promover o uso racional da água nas cidades brasileiras através da atuação em planejamento de ações de conservação, tecnologia dos sistemas públicos de abastecimento de água e dos sistemas prediais de água e esgoto.

Assim, disciplinando, organizando e direcionando a exploração dos recursos hídricos, busca-se atingir as preconizações da Agenda 21 e, conseqüentemente, atender as bases da sustentabilidade que são a manutenção e preservação dos recursos hídricos em prol da sociedade atual e futura.

2.3.2.1 Ações de Uso Racional

Destacam-se aqui os sistemas de outorga e cobrança pelo uso da água.

A outorga estabelece, para o usuário da água, parâmetros técnicos e condições legais de que este dispõe para o uso da água. O instrumento da outorga permite ao poder público controlar, quantitativa e qualitativamente, a disponibilidade dos recursos hídricos.

Quanto à cobrança pelo uso da água, este é aplicado como instrumento econômico de forma a valorizar a água, dotando-a como bem econômico e estimulando a conscientização da necessidade de conservação e preservação dos recursos hídricos.

No Brasil, a outorga e a cobrança pelo uso da água foram instituídas pela Lei n. 9433, de 08 de janeiro de 1997, nas seções III e IV, respectivamente. A implementação destes fica sob a responsabilidade do Poder Executivo Federal e dos Comitês de Bacia.

Estes instrumentos já vêm sendo aplicados em alguns estados brasileiros como o Ceará, que desde 1987 adotou uma política de recursos hídricos e efetua a cobrança pelo uso da água desde 1996.

A conservação da água na bacia hidrográfica pode ser promovida por outras ações de uso racional aplicadas em nível de sistemas de abastecimento de água e em

nível de sistemas prediais, conforme será apresentado a seguir.

2.3.2.2 Utilização de Fontes Alternativas

O reuso de esgoto já é praticado há muito tempo, como mostra a história. As primeiras evidências da utilização de efluentes para irrigação de agriculturas são referidas à civilização de Minoam na Grécia (ASANO & LEVINE, 1996).

Outros exemplos da aplicação do reuso dizem respeito às cidades industriais de Berlim (1836), Londres (1845) e Paris (1875) (GANOULIS & PAPALOPOULOU, 1996).

A partir do século XX, surgem as primeiras normas e regulamentos para prática do reuso. O estado da Califórnia foi o pioneiro neste processo, promulgando em 1918, o primeiro regulamento para prática do reuso.

O reuso de águas residuárias tratadas pode ocorrer de duas formas:

- a) Reuso Direto trata-se do uso de efluentes que, previamente tratados em uma planta de tratamento, saem deste para o seu local de aplicação.
- b) Reuso Indireto é a utilização de efluentes recuperados após a sua passagem por um curso d'água superficial ou subterrâneo.

Ao reuso direto ou indireto pode-se acrescentar, ainda, as denominações de planejado ou não planejado.

Segundo MONTGOMERY³, apud LAVRADOR (1987), o reuso planejado está associado a um sistema de tratamento que atende tanto às exigências ambientais quanto aos padrões de qualidade exigidos para reuso. Isto é, o reuso direto ou indireto planejado é uma prática consciente de reaproveitamento do efluente.

Quanto ao reuso não planejado, este ocorre diariamente. Isto porque, muitos lançamentos de efluentes em rios, são realizados a montante de captações de água que

³ MONTGOMERY, J. Water treatment: principls & design. Washigton. James Montgomery, Consulting Engineers, Inc. 1985

abastecem outras comunidades.

As águas de reuso podem se destinar a fins potáveis ou não potáveis. Quanto ao reuso planejado para fins não potáveis pode-se classificar como:

- a) Reuso Agrícola.
- b) Reuso Industrial.
- c) Reuso Urbano.
- d) Reuso Recreacional.
- e) Recarga de Aquíferos.
- f) Aquicultura.

2.3.3 Conservação da Água nos Sistemas Públicos de Abastecimento (SPA)

Com relação aos SPA as ações de conservação visam minimizar as perdas físicas e não físicas. Isto se deve ao fato de que, as perdas de água nos SPA representam 40% do desperdício de água no Brasil, contra 5% e 15% nos Estados Unidos e Europa, respectivamente (ROCHA, 1996).

2.3.3.1 Perdas de Água

As perdas físicas são caracterizadas pelas perdas que ocorrem entre a captação de água bruta e o cavalete da economia, e podem ser classificadas em operacionais e por vazamento.

As perdas operacionais correspondem ao excedente da vazão utilizada na lavagem de filtros, limpeza de flocluladores e decantadores e descargas para limpeza das tubulações.

As perdas por vazamento podem ocorrer em virtude de problemas, como trincas ou fissuras nas estruturas das unidades de captação, tratamento, adução, distribuição, ramais e sub-ramais.

A ocorrência destas representa um déficit na oferta de água para os consumidores e aumento na produção e nos custos para a concessionária.

As causas das perdas físicas podem estar relacionadas a diversos fatores, tais como: sub e sobrepressão, falhas construtivas e de operação, falta de manutenção e má qualidade dos materiais.

Quanto à magnitude das perdas segundo, a ETEP – Estudos Técnicos e Projetos, em estudo de investigação prestado a SABESP, verificou-se que 90% dos vazamentos se localizam no ramal predial que corresponde ao trecho de ligação entre a rede de distribuição e o cavalete.

TABELA 9 – PERCENTUAL DE PERDAS EM RAMAIS PREDIAIS

PONTOS	PERDAS
	%
Registros	0.2
Anéis	1.1
União Simples	1.1
Juntas	0.9
Hidrantes	1.7
Tubos Partidos	13.6
Tubos Rachados	2.3
Tubos Perfurados	12.9

FONTE: adaptado de SILVA et al. (1998)

As perdas nas redes de distribuição também apresentam um alto índice como mostraram as experiências realizadas nas redes de distribuição de loteamentos da cidade de Campinas (Tabela 10).

TABELA 10 – PERCENTUAL DE VAZAMENTOS EM ACESSÓRIOS DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO

TUBO OU CONEXÃO	PERDAS
	%
Rosca Folgada	24.7
Registro Defeituoso	1.3
Ferrule Defeituoso	0.8
Colar de Tomada Folgado	4.1
Rosca Partida	19.2
Tubo Perfurado	13.9
Niple Quebrado	0.4
Niple Folgado	1.0
Rosca Quebrada	7.3
Rosca Defeituosa	2.1

FONTE: SILVA et al. (1998, p.44)

Entretanto, em termos de volume, as maiores perdas ocorrem por extravasamentos de reservatórios ou vazamentos nas adutoras e tubulações da rede de distribuição, enquanto que no sistema de tratamento as perdas podem variar de 2% a 10% em função do estado das instalações e da forma operacional do sistema (SILVA et al., 1998).

As perdas não físicas ou de faturamento se caracterizam pela ausência de micromedição, hidrometração deficiente e ligações clandestinas, isto é, a água consumida que não é faturada pela concessionária.

Estas perdas podem representar 50% ou mais do percentual de água não faturada desfavorecendo, desta forma, a alocação de recursos financeiros para a melhoria do sistema.

Com relação à avaliação das perdas no Sistema Público de Abastecimento, as mesmas podem ser estimadas pela diferença entre o volume disponibilizado para a distribuição e o volume utilizado pelos consumidores.

A avaliação destas, desde a captação de água bruta até a distribuição de água tratada, pode ser feita com o auxílio de indicadores de desempenho. A construção destes indicadores depende de informações operacionais e sua confiabilidade está relacionada ao nível de precisão destas últimas.

Entre as informações operacionais têm-se: volume disponibilizado, volume utilizado, volume faturado, número de ligações, entre outras.

Os indicadores de desempenho podem ser divididos em três classes:

- a) Indicadores Básicos: sua concepção exige informações técnicas mínimas, como volume disponibilizado e utilizado, e que devem estar disponíveis em todos os sistemas. Englobam as parcelas de perdas físicas e não físicas.
- b) Indicadores Intermediários: permitem avaliar as perdas físicas nas etapas de produção, adução, tratamento e distribuição da água.
- c) Indicadores Avançados: consideram a variável pressão, exigindo o monitoramento de cada setor.

2.3.3.2 Formas de Conservação no Sistema Público de Abastecimento

De forma a minimizar os percentuais de perdas apresentados, às ações de conservação que podem ser aplicadas são:

- a) Melhoria da qualidade dos aparelhos de macro e micromedição;
- b) Controle das ligações clandestinas;
- c) Manutenção corretiva e preventiva da rede e dos medidores.
- d) Utilização de materiais com especificação técnica de boa qualidade e mão-de-obra especializada.

2.3.4 Conservação da Água nas Edificações

2.3.4.1 Perdas nos Sistemas Prediais (SP)

As perdas físicas são as predominantes nos SP e caracterizam-se por vazamentos em pontos de utilização como torneiras, chuveiros, registros, bacias sanitárias ou no sistema hidráulico compreendido pelo reservatório, coluna de recalque e alimentadores prediais, ramais e sub-ramais.

Pesquisa realizada por DeOREO et al.⁴, apud OLIVEIRA (1999), sobre o consumo de água em aparelho sanitário, em Boulder Colorado – USA, identificou que os vazamentos representam 11,45% do consumo total de água em uma residência.

Segundo MASSACHUSETTS WATER RESOURCES AUTHORITY (s.d)⁵, apud OLIVEIRA (1999), a Companhia de Água de Massachussets apresentou uma quantificação das perdas que ocorrem em torneiras, chuveiros e bacias sanitárias. As perdas em torneiras e chuveiros são da ordem de 40 litros/dia a 541 litros/dia e as perdas em chuveiros são da ordem de 189 litros/dia.

⁴ DeOREO, W.B.; HEANEY, J.P; MAYER.P.W. Flow trace analysis to assess water use. Journal AWWA, v.88, p.79 –90, January, 1996.

⁵ MASSACHUSETTS WATER RESOURCES AUTHORITY. Stop leaks/save water. Boston, s.d.

2.3.4.2 Formas de Conservação nas Edificações

As formas de conservação da água nas edificações podem ser realizadas através de ações de gerenciamento da demanda urbana de água que envolve a substituição dos aparelhos hidráulicos usuais pelos economizadores, a utilização de fontes alternativas de água, como a água da chuva e água cinza, a manutenção dos sistemas prediais através de medidas corretivas e preventivas; sistema de medição setorizada que compreende a instalação de hidrômetros em cada unidade habitacional, entre outros.

A cidade de Waterloo, no Canadá, implementou em 1991 o programa “*Long Term Water Strategy (LTWS)*”. O objetivo deste programa era a seleção de opções de oferta de água para atender a região de Waterloo até 2041. Dentro deste programa foi implementado, em 1994, o subprograma “*Toilet Replacement Program (TRP)*” cuja finalidade era incentivar a substituição de bacias sanitárias com consumo de 18 a 30 litros por descarga por bacias economizadoras com consumo de 6 litros por descarga. O incentivo dado, neste caso, constou de um reembolso de 40 dólares canadenses por sanitário trocado com a permissão de troca de dois sanitários por residência ao ano. O resultado obtido representou uma economia média de 100 litros/dia a cada três sanitários substituídos.

A cidade do México, que enfrenta problemas de disponibilidade hídrica, implementou um programa para a troca de aparelhos sanitários com descarga de 16 litros por bacias com descarga de 6 litros. Desde 1991, 350.000 aparelhos sanitários foram substituídos, o que resultou em uma redução de consumo aproximado de 28 milhões de m³/ano.

No Brasil, foi implementado em 1996 o Programa de Uso Racional da Água em Edifícios - PURA, desenvolvido pela SABESP em parceria com o IPT e com a USP. O objetivo primordial deste programa é o gerenciamento racional da demanda e do consumo de água. Como exemplo da abrangência deste programa podem ser citadas as ações aplicadas na Universidade de São Paulo que se constituíram de:

- a) Detecção e correção de vazamentos;

- b) Troca de aparelhos convencionais por aparelhos economizadores de água;
- c) Campanha educacional;
- d) Reaproveitamento da água dos destiladores.

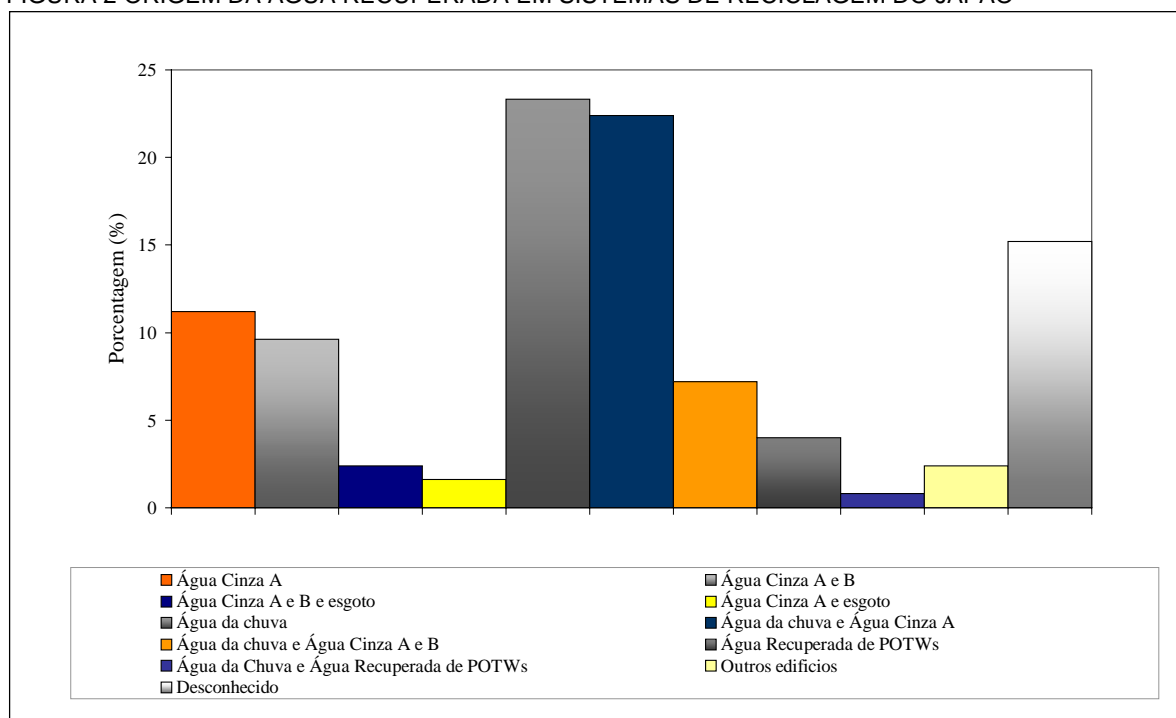
Como consequência das ações apresentadas acima, destaca-se a diminuição no consumo da água que passou de 142.247 m³/mês para 105.377 m³/mês, representando uma redução de 31,10%, bem como o consumo per capita passou de 120,31 l/hab.dia para 107,5 l/hab.dia.

SANTOS et al. (2001) apresentou um estudo para a cidade de Curitiba e sua região metropolitana, simulando a economia de água alcançada quando da substituição das bacias sanitárias tradicionais de 12 litros por bacias sanitárias economizadoras de 6 e 9 litros. A conclusão a que chegaram os autores é de que, para o ano de 2010, caso tal substituição fosse realizada somente pelas novas construções a economia de água poderia atingir 231 l/s. Os mesmos ressaltam que com esta economia de 231 l/s, seria possível abastecer uma população de 92.400 habitantes.

Quanto às fontes alternativas de água como forma de conservação da água potável em nível habitacional, cabe apresentar a utilização da água da chuva e de efluentes domésticos (água cinza e esgoto) no Japão.

Segundo YAMAGATA et al. (2002), a utilização de sistemas de reciclo de água no Japão datam da década de 60. Em 1996, cerca de 2100 edifícios apresentavam um sistema de reciclagem da água ou estavam conectando-se a um sistema. O volume de água recuperada usada é da ordem de 324.000 m³/dia o que representa cerca de 0,8% do consumo doméstico no Japão. A Figura 2 apresenta a porcentagem da utilização destas fontes alternativas em um levantamento feito em 125 edifícios do Distrito de Tóquio. As fontes de água recuperada levantadas neste estudo são água cinza residuária proveniente de lavatórios e banheiros (tipo A), água cinza da pia de cozinha (tipo B), efluentes de descargas sanitária, água da chuva, entre outras.

FIGURA 2 ORIGEM DA ÁGUA RECUPERADA EM SISTEMAS DE RECICLAGEM DO JAPÃO



FONTE: YAMAGATA et al (2002)

A título de exemplo a figura acima mostra que 11,25% dos 125 edifícios pesquisados utilizam água cinza do tipo A em usos urbanos não potáveis. Enquanto outros 23% utilizam a água da chuva. Através desta figura pode-se observar a crescente busca de fontes alternativas de água.

2.4 ÁGUA CINZA

2.4.1 Conceito

Sabe-se que a palavra esgoto, em seu sentido amplo, caracteriza os despejos oriundos dos mais diversos usos da água. O esgoto de uma comunidade é originado através de três fontes distintas: a primeira diz respeito à contribuição doméstica, incluindo residências, instituições públicas e comércio, a segunda é aquela que adentra a rede por infiltração através de tubos defeituosos, e por fim a terceira refere-se aos despejos industriais.

Em se tratando dos esgotos domésticos, muitos autores dividem as águas residuárias em duas parcelas:

- a) Água Negra ou “*Blackwater*” se caracteriza pela presença de excretas humanas, como a urina e fezes.
- b) Água Cinza ou “*Graywater*” se caracteriza, teoricamente, pela ausência de excretas humanas.

Para KIBERT & KONE (1992) a água cinza, é definida como todo esgoto gerado em uma habitação, exceto aquele proveniente da bacia sanitária.

Para GELT (2001), água cinza é aquela originada pelo chuveiro, banheira, lavatório e máquina de lavar, desconsiderando a água cinza proveniente da pia de cozinha e máquina de lavar pratos.

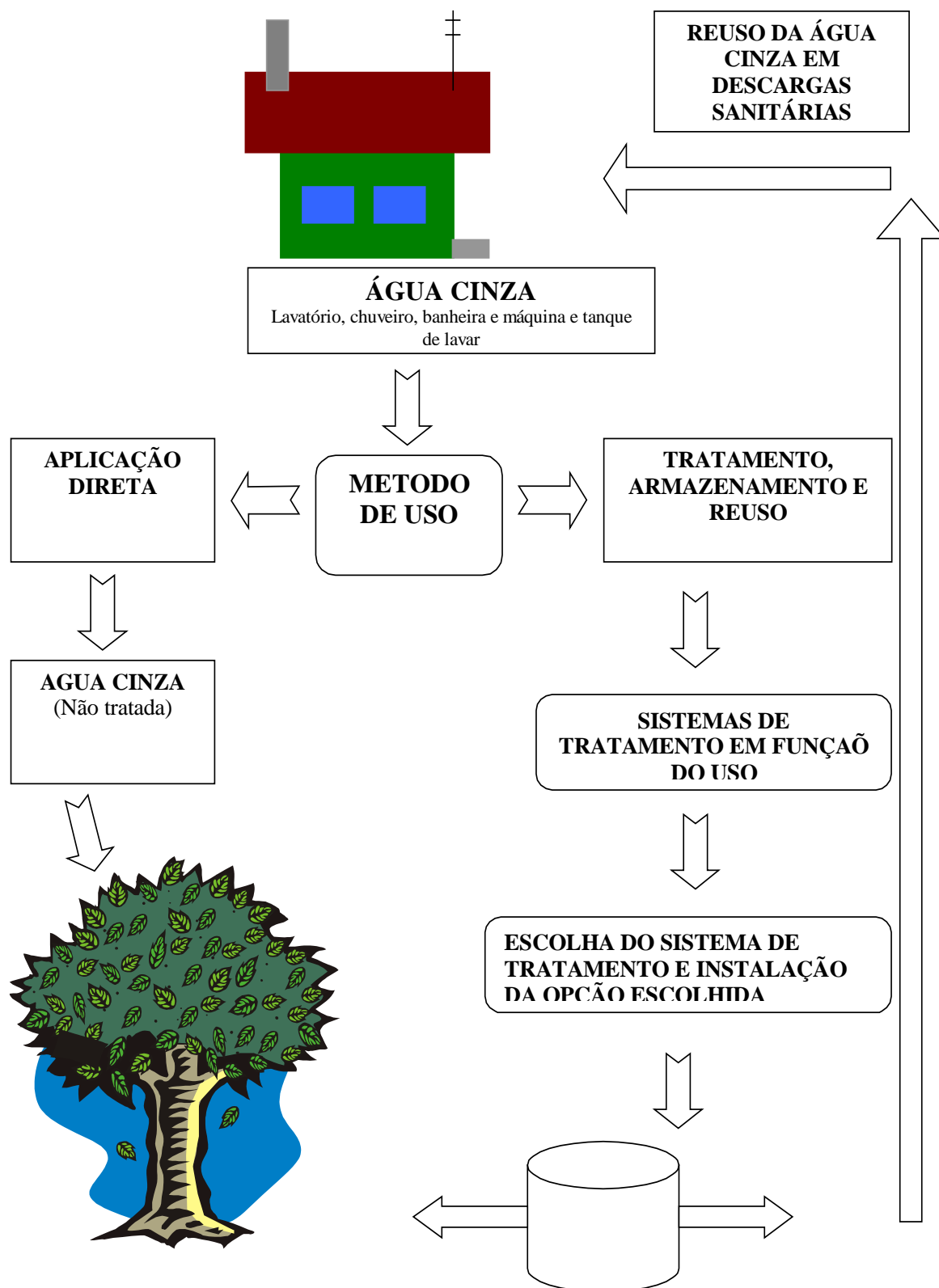
A exclusão da água da pia de cozinha e da máquina de lavar pratos para reuso pode ser explicada pelos seguintes motivos (NSWHEALTH, 2000):

- a) Concentração de microrganismos devido à presença de restos de alimentos, óleos e gorduras que favorecem o desenvolvimento microbiano. A concentração destes microrganismos como os coliformes fecais pode ser da ordem de 2×10^9 cfu/100 ml.
- b) Do total de água cinza produzida em uma residência, a contribuição da cozinha é de 11%, ao passo que a lavanderia contribui com 34% e o banheiro com 55%.
- b) O caráter alcalino da água provocado pela presença de detergentes e produtos de limpeza pode prejudicar as características do solo caso esta seja utilizada para irrigação.

A aplicação da água cinza como fonte alternativa de água para usos não nobres já é praticada por países como Japão, Austrália, EUA, Canadá, Alemanha, Reino Unido e Israel.

A Figura 3 mostra um esquema de reuso da água cinza em usos habitacionais.

FIGURA 03 – ESQUEMA DE REUSO DA ÁGUA CINZA EM HABITAÇÕES RESIDENCIAIS



FONTE: ADAPTADO SOUTH EAST WATER

2.4.2 Volume de Água Cinza Gerado em uma Habitação

Segundo ROSE et al. (1991) o volume de água cinza gerado em uma habitação pode variar de local para local. Em Tucson, no Arizona, este volume pode ser da ordem de 117 litros por hab/dia (FOSTER & DeCOOK⁶, apud ROSE, 1991) enquanto na Califórnia este volume, estimado por INGHAM⁷, apud ROSE (1991), pode chegar a 223 litros por hab/dia.

A NSWHEALTH (2000) também apresenta, conforme a tabela abaixo, um volume aproximado de geração de água cinza em uma habitação.

TABELA 11– PERCENTUAL APROXIMADO DE ESGOTO BRUTO E ÁGUA CINZA GERADOS EM UMA HABITAÇÃO

ORIGEM	ESGOTO BRUTO TOTAL		ÁGUA CINZA TOTAL	
	Total	l/dia	Total	l/dia
	%		%	
Bacia Sanitária	32	186	-	-
Lavatório	5	28	7	28
Chuveiro	33	193	48	193
Cozinha	7	44	11	44
Lavanderia	23	135	34	135
Total	100	586	100	400

FONTE: NSWHEALTH (2000)

2.4.3 Parâmetros Físicos e Químicos das Águas Residuárias

Segundo SPERLING (1996), os parâmetros importantes que merecem destaque em se tratando de esgoto doméstico são: sólidos, indicadores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e indicadores de contaminação fecal. METCALF & EDDY (1991) citam no Quadro 1 os principais contaminantes do esgoto bruto. Os mesmos autores salientam sobre a inter-relação entre os parâmetros físicos, químicos e biológicos do

⁶ FOSTER, K.E., DeCOOK, K.J. (1986) Impacts of residential water reuse in the Tucson area. Wat. Resour. Bull. 22, 753 – 757.

⁷ INGHAM, A.T. (1980) *Residential greywater management in California*. California State Water Resources Control Board, Sacramento, Calif.

esgoto. Como exemplo, a temperatura que é um parâmetro físico afeta a solubilidade dos gases que é um parâmetro químico. Assim, é fundamental avaliá-los conjuntamente. A Tabela 12 traz os principais contaminantes químicos e suas respectivas concentrações no esgoto bruto.

QUADRO 1 – IMPORTÂNCIA DOS CONTAMINANTES NO ESGOTO

CONTAMINANTE	IMPORTÂNCIA
Sólidos Suspensos Orgânicos Biodegradáveis	Desenvolvimento de depósitos de lodo e condições anaeróbias. Compostos de proteínas, carboidratos e gorduras. A degradação destes pode levar depleção do oxigênio dissolvido e a condições sépticas. Sua quantificação se faz através da DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio).
Patogênicos	Algumas doenças podem ser transmitidas por organismos patogênicos presentes na água.
Nutriente	Nitrogênio e fósforo juntamente com o carbono são essenciais ao crescimento de microrganismos. Entretanto, em concentrações inadequadas podem favorecer o crescimento da vida aquática ou se lançados sobre a terra podem poluir as águas subterrâneas.
Poluentes Perigosos	Compostos orgânicos e inorgânicos que apresentam carcinogenicidade, mutagenicidade, teratogenicidade ou toxicidade.
Orgânicos Refratários	Tendem a resistir a métodos convencionais de tratamento de efluentes líquidos. Exemplos típicos são os surfactantes, fenóis e pesticidas agrícolas.
Metais Pesados	Estes geralmente são oriundos de despejos industriais e comerciais.
Inorgânicos Dissolvidos	Constituintes como o cálcio, sódio e sulfato são adicionados a água de abastecimento em função do seu uso. Caso o efluente seja reutilizado estes devem ser removidos.

FONTE: METCALF & EDDY (1991)

TABELA 12 – CONCENTRAÇÕES DOS PRINCIPAIS CONTAMINANTES DO ESGOTO BRUTO

CONTAMINANTE	CONCENTRAÇÕES		
	Fraco	Médio	Forte
Sólidos Totais (mg/l)	350	720	1200
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/l)	250	500	850
Fixos (mg/l)	145	300	525
Voláteis (mg/l)	105	200	325
Sólidos Suspensos (mg/l)	100	220	350
Fixos (mg/l)	20	55	75
Voláteis (mg/l)	80	165	275
Sólidos Sedimentáveis (ml/l)	5	10	20
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/l)	110	220	400
Carbono Orgânico Total (mg/l)	80	160	290
Demanda Química de Oxigênio (mg/l)	250	500	1000
Nitrogênio Total (mg/l)	20	40	85
Fósforo Total (mg/l)	4	8	15
Cloretos (mg/l)	30	50	100
Sulfatos (mg/l)	20	30	50
Alcalinidade (CaCO ₃) (mg/l)	50	100	200
Graxas	50	100	150

FONTE: METCALF & EDDY (1991).

Em se tratando das características físicas e químicas da água cinza estas dependem, segundo ERIKSSON et al. (2002), dos seguintes fatores:

- a) Qualidade da água de abastecimento.
- b) Condições do sistema predial de abastecimento. Aqui pode citar o estudo feito em Melbourne (1993), no qual se detectou a presença de cobre e zinco na água cinza. A explicação dada é que estes elementos sejam provenientes das tubulações das casas.
- c) Hábitos e costumes dos moradores da habitação.

Ainda segundo este autor, os parâmetros físicos importantes a serem observados na água cinza são: temperatura, cor, turbidez e sólidos suspensos. Isto porque, temperaturas elevadas podem favorecer o crescimento microbiano. A turbidez e os sólidos suspensos fornecem indicações sobre o teor de partículas e colóides que podem, na presença de detergentes, solidificar-se e comprometer a eficiência do tratamento ou causar o entupimento das tubulações. Quanto aos parâmetros químicos, o mesmo cita a DBO, a DQO e nutrientes como o fósforo e o nitrogênio.

As propriedades físicas, químicas e biológicas da água cinza a serem determinadas dependem, também, da sua fonte de origem conforme apresentado no quadro 2.

QUADRO 2 – CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA CINZA A SEREM DETERMINADAS EM FUNÇÃO DA ORIGEM

CARACTERÍSTICAS/ORIGEM	Bactéria	Alvejante	Cloro	pH	Nitrato	Odor e Cor	Óleos e Graxas	Matéria Orgânica	Demanda Oxigênio	Fosfato	Salinidade	Sabões	Sódio	Sólidos Suspensos	Turbidez
Lavagem de Roupas		X			X					X	X	X	X	X	X
Lavagem de Pratos	X					X	X	X	X			X		X	X
Banheira e Banho	X					X			X			X			X
Lavatório	X					X			X			X			X
Pia de Cozinha	X					X	X	X	X			X		X	X

FONTE: POPKIN, BARNEY, apud COBLE (1996)

Assim, as concentrações de poluentes na água cinza vinda do banheiro, da lavanderia e da cozinha variam sensivelmente entre si. A água cinza do banheiro

considerando o lavatório, o chuveiro e a banheira é constituída de gorduras, sabões, shampoo, óleos, entre outros. A água cinza da lavanderia apresenta uma alta concentração química de elementos como sódio, fosfatos, nitrogênio, boro, e surfactantes. A água cinza da pia de cozinha apresenta uma contaminação física maior em virtude da presença de partículas de alimentos, óleos e gorduras. Não obstante, é extremamente contaminada por microrganismos sendo que as concentrações mais comuns estão em torno de 10 a 10⁶ cfu/100 ml (NSWHEALTH, 2000).

CHRISTOVA-BOAL et al. (1996) apresenta as características da água cinza. Tal caracterização fez parte de um programa de pesquisa desenvolvido pela *Victoria University of Technology* (VUT) em conjunto com a *Melbourne Water, Department of Health and Community Services* e a *Victoria's Environment Protection Authority*, na cidade de Melbourne, Austrália. A intenção do estudo foi avaliar sistemas de reuso de água cinza quanto à segurança sanitária e ambiental, de forma a buscar uma fonte alternativa de água com intuito de gerenciar melhor a demanda de água da região.

TABELA 13 – COMPOSIÇÃO DA ÁGUA CINZA EM FUNÇÃO DA SUA ORIGEM - MELBOURNE

PARÂMETROS		BANHEIRO	LAVANDERIA
Físicos	pH	6.4 – 8.1	9.3 – 10
	Cor (Pt/Co)	60 – 100	50 – 70
	Turbidez (NTU)	60 – 240	50 – 210
Químicos	Nitrogênio Total (mg/l)	4.6 – 20	-
	Fósforo Total (mg/l)	0.11 – 1.8	21
	Cloro (mg/l)	9.0 – 18	9.0 – 88
	Óleos e Graxas (mg/l)	37 – 78	8.0 – 35
	DBO ₅ (mg/l)	76 – 200	48 - 290

FONTE: Adaptado de CHRISTOVA-BOAL et al. (1996)

NOLDE (1999) cita que o reuso de água cinza tem se tornado significativo nos últimos dez anos em Berlim e descreve sobre dois sistemas de reuso. Um deles situado em Berlim-Kreuzberg e construído em 1989, consta de um sistema de reuso de água cinza que recebe a água proveniente do banho, lavatórios e banheiro de 70 usuários. O outro localizado em Berlim-Wedding e implementado em 1995, recebe a água residuária vinda do banho e da banheira de dois usuários. Em ambos os casos a água cinza tratada destina-se a descargas em bacias sanitárias. A composição da água cinza

sem tratamento destes dois sistemas consta na Tabela 14.

TABELA 14 – COMPOSIÇÃO DA ÁGUA CINZA EM PLANTAS DE TRATAMENTO - BERLIM

PARÂMETROS	BERLIM-KREUZBERG	BERLIM-WEDDING
DBO (mg/l)	50 – 100	70 – 300
Nitrogênio Total (mg/l)	5 – 10	
Fósforo Total (mg/l)	0,2 – 0,6	
Coliformes Fecais	$10^{-1} - 10^1$	$10^{-1} - 10^1$
Coliformes Totais	$10^2 - 10^3$	$10^1 - 10^3$

FONTE: NOLDE (1999)

A Tabela 15 apresenta valores médios para as concentrações de determinados parâmetros que indicam a qualidade da água cinza, bem como as concentrações destes parâmetros para o esgoto doméstico bruto.

TABELA 15 - COMPOSIÇÃO TÍPICA DA ÁGUA CINZA COMPARADA AO ESGOTO BRUTO

PARÂMETRO	UNIDADE	ÁGUA CINZA		ESGOTO BRUTO
		Faixa	Média	
Sólidos Suspensos	mg/l	45 – 330	115	100 – 500
Turbidez	NTU	22 ->200	100	NA
DBO5	mg/l	90 – 290	160	100 – 500
Nitrato	mg/l	< 0.1 – 0.8	0.3	1 – 10
Amônia	mg/l	<1.0 – 25.4	5.3	10 – 30
Nitrogênio Total	mg/l	2.1 – 31.5	12	20 – 80
Fósforo Total	mg/l	0.6 – 27.3	8	5 – 30
Sulfato	mg/l	7.9 – 110	35	25 – 100
pH	mg/l	6.6 – 8.7	7.5	6.5 – 8.5
Condutividade	mS/cm	325 – 1140	600	300 – 800
Dureza	mg/l	15 – 55	45	200 – 700
Sódio	mg/l	29 – 230	70	70 – 300

FONTE: baseado em JEPPESEN & SOLLEY (1994)⁸ apud DEPARTMENT OF HEALTH (2002).

2.4.4 Parâmetros Microbiológicos das Águas Residuárias

De um modo geral, pode-se encontrar nos efluentes domésticos um número variável de microrganismos como bactérias, protozoários, helmintos e vírus.

⁸ JEPPESEN, B., SOLLEY, D. (1994) “Domestic Greywater Reuse: Overseas Practice and its

Applicability to Australia” Research Report n. 73. Urban Research Association of Australia, Brisbane City Council.

a) Bactérias

São os microrganismos com maior grau de presença nos esgotos. Podem ser contraídas pela ingestão de água e alimentos contaminados, mãos sujas de fezes e pela inalação de aerossóis. São responsáveis pelas infecções intestinais e gastroenterites, bem como, por doenças como a cólera, a tuberculose e a leptospirose. As principais bactérias patogênicas, excretadas com as fezes são: *Campylobacter foetus* (spp. Jejuni), *Escherichia coli*, *Salmonella* (typhi, paratyphi e outras), *Shigella* spp, *Vibrio cholerae* e *Yersinia enterocolitica*.

b) Protozoários e Helmintos

Estes são parasitas comumente encontrados nos esgotos. Podem ser transmitidos ao homem pela ingestão da água e alimentos contaminados com cistos, no caso de protozoários, e larvas e ovos, no caso de helmintos. São responsáveis por infecções intestinais e gastroenterites, além de doenças como a esquistossomose e a giardíase. É importante ressaltar que estes parasitas não são totalmente eliminados nos procedimentos usuais de desinfecção. Podem suportar concentrações de cloro de 50 a 100 mg/l em um período de 10 minutos. Além disto, caracterizam-se por apresentar sobrevivência superior às bactérias patogênicas e baixas doses infectivas.

c) Vírus

Estes microrganismos podem estar em concentrações variáveis nos esgotos. Segundo PAGANINI (1987), podem ser encontradas 105 partículas por litro. SHUVAL⁹ e LEE¹⁰, apud LAVRADOR (1987), indicam as concentrações de 1 e 180 enterovírus/mL e uma concentração média de 70

⁹ SHUVAL, H.I (1977 a). Health Considerations in Water Renovation and Reuse. In Water Renovation and Reuse: 33 – 72. Nova Iorque. Academic Press.

¹⁰ LEE, W.(1984). Potable Reuse El Paso, Texas. In Future of Water Reuse: Proceedings of the Water Reuse Symposium III, San Diego, California. 1639 – 1665. Denver. AWWA. Research Foundation.

vírus/mL, respectivamente. Assim como os protozoários e os helmintos caracterizam-se pela baixa dose infectiva. Alguns autores citam que a ingestão de um único vírus pode causar doenças (STANDER¹¹, apud LAVRADOR, 1987). Outra característica destes é sua alta resistência aos processos de desinfecção, uma vez que podem se esconder sob a proteção das partículas coloidais impedindo a ação do agente desinfetante. Podem causar desde resfriados comuns até doenças graves como a varíola e a poliomelite.

De forma a sintetizar os agentes patogênicos e as doenças a eles relacionados apresenta-se o quadro 3.

¹¹ STANDER, G.J (1977) Reuse of Water Municipal Purposes. In: Water Renovation and Reuse.

QUADRO 3 – ORGANISMOS E DOENÇAS A ELES ASSOCIADOS

ORGANISMO	DOENÇA ASSOCIADA
BACTÉRIA	
<i>Salmonella</i> sp	Salmonelose, Febre tifóide
<i>Shigella</i> sp	Desintéria bacilar
<i>Yersinia</i> sp	Gastroenterite aguda (incluindo dores abdominais)
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera
<i>Campylobacter jejuni</i>	Gastroenterite
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenterite
VÍRUS ENTÉRICOS	
Vírus da Hepatite A	Hepatite infecciosa
Vírus e Semelhantes	Gastroenterite epidêmica e diarreia grave
Rotavírus	Gastroenterite aguda e diarreia grave
Enterovírus	
Poliovírus	Poliomelite
Coxsackevirus	Meningite, paralisia, encefalite, febre, sintomas parecidos com gripe.
Ecovirus	Meningite, paralisia, encefalite, febre, sintomas parecidos com gripe.
Reovirus	Infecções respiratórias, gastroenterites
Astrovirus	Gastroenterite epidêmica
Calicivirus	Gastroenterite epidêmica
PROTOZOÁRIOS	
<i>Cryptosporidium</i> sp.	Gastroenterite
<i>Entamoeba histolytica</i>	Enterite aguda
<i>Giardia lamblia</i>	Giardíase
<i>Balantidium coli</i>	Diarreia e Desintéria
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose
HELMINTOS	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Distúrbios digestivos e nutricionais, dores abdominais, vômito.
<i>Ascaris suum</i>	Pode produzir dores sintomas como dor no peito, tosse e febre.
<i>Trichuris trichiura</i>	Dores abdominais, diarreia e anemia, perda de peso.
<i>Toxocara canis</i>	Febre, desconforto abdominal, dores musculares, sintomas neurológicos.
<i>Taenia saginata</i>	Nervosismo, insônia, anorexia, dores abdominais, distúrbios digestivos.
<i>Taenia solium</i>	Nervosismo, insônia, anorexia, dores abdominais.
<i>Necator americanus</i>	Doença de Hookworm
<i>Lymanolepis nana</i>	Teníase

FONTE: EPA (1992)

2.4.4.1 Indicadores Microbiológicos de Contaminação

Avaliar a qualidade da água para cada um dos microrganismos citados anteriormente, exige uma metodologia de identificação diferente, além do que, sua presença ocorre em períodos intermitentes.

Assim sendo, escolhe-se um organismo como indicador de contaminação. Em se tratando da qualidade de águas residuárias utiliza-se, comumente, as bactérias do grupo coliforme. Esta escolha se deve aos seguintes fatores:

- a) São de fácil detecção devido a sua prevalência no esgoto conforme citado por METCALF & EDDY (1991).
- b) Estão presentes nas excretas humanas e nos animais de sangue quente. Cada indivíduo libera, em média por dia, 10^{10} a 10^{11} células.
- c) Apresentam resistência aproximadamente igual à resistência de outros organismos patogênicos.

TABELA 16- PRESENÇA DOS ORGANISMOS NO ESGOTO

ORGANISMO	CONCENTRAÇÃO
Coliformes Totais	$10^5 - 10^8$
Coliformes Fecais	$10^4 - 10^5$
Streptococos Fecais	$10^3 - 10^4$
Enterococos	$10^2 - 10^3$
<i>Shigella</i>	Presente ^b
<i>Salmonella</i>	$10^0 - 10^2$
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	$10^1 - 10^2$
<i>Clostridium perfringens</i>	$10^1 - 10^3$
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Presente ^b
Protozoários (cistos)	$10^1 - 10^3$
<i>Cryptosporidium</i> (cistos)	$10^{-1} - 10^1$
Helmintos (ovos)	$10^{-2} - 10^1$
Vírus Entéricos	$10^1 - 10^2$

FONTE: METCALF & EDDY (1991)

NOTA: b – os resultados destes testes são usualmente informados como positivos

Segundo a Portaria n^o. 1469, o grupo dos coliformes totais, é constituído por bacilos gram negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de se desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35^\circ\text{C} \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24/48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima beta-galactosidade. Este grupo inclui bactérias entéricas, isto é, provenientes do trato intestinal de homens e animais de sangue quente e bactérias não entéricas. Ao passo que, o grupo dos coliformes fecais ou grupo dos termotolerantes é constituído por

bacilos gram negativos, não esporulados, aeróbios ou anaeróbios facultativos, que fermentam a lactose com produção de gás em 24 horas a uma temperatura de $44,5^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Este grupo inclui pelo menos três gêneros: *Escherichia coli*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, sendo que destes apenas o primeiro é representativo de cepas fecais. Isto se deve ao fato de que, cerca de 95% dos coliformes presentes em excretas humanas e de animais são *Escherichia coli*. Por isso, atualmente a caracterização de coliformes fecais refere-se especificamente a este gênero de bactéria para avaliar a contaminação fecal.

A presença destes organismos patogênicos na água cinza pode advir de lavagem de roupas, lavagem de alimentos contaminados, lavagem das mãos após o uso da bacia sanitária, entre outras fontes. Análises realizadas na água cinza têm mostrado a presença de coliformes fecais e totais e que a concentração destes microrganismos pode variar em função da origem da água cinza, isto é, se ela advém do banheiro, da lavanderia ou da cozinha como mostra a Tabela 17.

TABELA 17 – CONCENTRAÇÕES DE COLIFORMES FECAIS NA ÁGUA CINZA

ORIGEM	COLIFORMES FECAIS			
	ROSE et. Al ufc	CALIFÓRNIA DHS MPN	BRANDES 1978	KAPISAK ET.AL ufc
Banheira/Banho	6×10^3	4×10^5	$<10 \text{ a } 2 \times 10^8$	6×10^3
Lavagem de Roupas	126	$2 \times 10^3 \text{ a } 10^7$	-	-
Enxágüe de Roupas	25	-	-	-
Cozinha	-	-	$<10 \text{ a } 4 \times 10^6$ 9×10^5	2×10^9
Água Cinza	$6 \text{ a } 80^A$	-	$8,8 \text{ a } 2 \times 10^{5CD}$	$1,73 \times 10^5$
Combinada	$1,5 \times 10^{3B}$ $1,8 \times 10^5 \text{ a } 8 \times 10^6$		13×10^{6D}	

FONTE: JEPPIERSEN & SOLLEY (1994), apud DEPARTMENT OF HEALTH (2002)

Nota: A – famílias sem crianças; B – famílias com crianças; C – outros estudos; D – apenas cozinha e banho

Estudo realizado em Tucson, no Arizona, e promovido pelo *Arizona Department of Water Resources*, *Arizona Department of Environmental Quality* e *Pima County Department of Environmental Quality* avaliou a qualidade microbiológica da água cinza em residências levando em consideração alguns atributos como a presença ou ausência de crianças e animais. Constatou-se neste estudo a presença de coliformes

fecais e estreptococos, sendo que as concentrações apresentam variações e são maiores em locais com crianças e animais. Os protozoários como o *Cryptosporidium* e a *Giardia*, resistentes aos processos de desinfecção, também foram analisados no presente estudo e não foram detectados nas amostras de água cinza. A Tabela 18 apresenta a concentração de coliformes fecais na água cinza em função de seus atributos.

TABELA 18 – CONCENTRAÇÃO DE COLIFORMES FECAIS NA ÁGUA CINZA EM FUNÇÃO DE SEUS ATRIBUTOS

ATRIBUTOS	<i>ESCHERICHIA COLI</i> NMP/100 mL
Com Criança	4,99 x 10 ³
Sem Criança	4,25 x 10 ³
Com Animais	2,12 x 10 ³
Sem Animais	3,34 x 10 ⁴

FONTE: WATER CONSERVATION ALLIANCE OF SOUTHERN ARIZONA (2001)

Além destes, outros organismos importantes devem ser avaliados na água cinza como a *Salmonella typhi*, *Salmonella paratyphi*, nematelmintos e os vírus como *Hepatitis* e *Enterovirus* (ALBRECHTSEN¹², apud ERIKSSON, 2002).

2.4.5 Aplicações da Água Cinza

Para ERIKSSON et al. (2002), outros usos não nobres passíveis de reuso seriam a lavagem de vidros e automóveis, combate a incêndios, preparo de concreto e água para caldeira.

2.4.5.1 Usos Domésticos Não Potáveis

O consumo residencial e comercial de água potável gasto em atividades não nobres pode atingir 35% e 90%, respectivamente (KIBERT & KONE, 1992).

Dentro do uso residencial, destaca-se a descarga em bacias sanitárias cujo

¹² ALBRECHTSEN, H.J. (1998) Water Consumption in residences. *Microbiological investigation of rain water and greywater reuse systems*.

consumo de água potável representa 20% do total de água utilizado em uma habitação (CHRISTOVA-BOAL et al., 1996).

Deste modo, para ERIKSSON et al. (2002) a economia de água potável pode ser estimada em 30% se o reuso de água cinza for aplicado nas descargas sanitárias.

Entretanto, alguns cuidados devem ser tomados para o reuso da água cinza em bacias sanitárias como mostra *Florida Administre Code (FAC) 17.610.476, part III*, que permite este tipo de reuso desde que os usuários não tenham acesso aos subsistemas prediais de esgoto como as tubulações, as caixas de descarga entre outros. No Japão, que pratica o reuso da água cinza, algumas instituições estabeleceram critérios quanto aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos para o reuso de águas servidas em bacias sanitárias.

TABELA 19 – CRITÉRIOS DE QUALIDADE PARA ÁGUA RECUPERADA PARA USO EM BACIAS SANITÁRIAS

PARÂMETROS	MINISTÉRIO DA CONSTRUÇÃO	MINISTÉRIO DA SAÚDE	GOVERNO DE TÓKIO	GOVERNO DE FUKUOKA	PREFEITURA DE FUKUOKA
Aparência	-	-	-	-	-
Cor	-	-	-	-	-
Odor	-	-	-	-	-
pH	5,8 – 8,6	5,8 – 8,6	5,8 – 8,6	5,8 – 8,6	5,8 – 8,6
Cloro Residual	Nenhum	Nenhum	Nenhum	Nenhum	0,5
DBO	20*	-	-	-	20
DQO	30**	-	-	30	30
Coliformes	10	10	10	10	10
Sólidos	-	-	-	-	30
Sedimentáveis					

FONTE: YAMAGATA et al. (2002)

Nota: *Água recuperada através de tratamento biológico. ** Água recuperada através de ultrafiltração e microfiltração.

Segundo a *Environmental Protection Agency* (EPA), em seu regulamento para o uso de águas residuárias, os padrões de qualidade para o reuso em descargas deve atender uma $DBO_5 \leq 10$ mg/l e $Cl_2 \geq 1$ mg/l, além de ser submetida a um processo de filtração e desinfecção.

2.4.5.2 Irrigação

Outro uso não nobre passível da utilização da água cinza é a irrigação de

campos, áreas cultivadas e jardins.

Como exemplo, na Austrália este percentual pode chegar a 41%, conforme citado pelo *Draft Guidelines for the Reuse of Greywater in Western Austrália* (2002). Apenas em Melbourne a irrigação pode representar 34% do total de água consumida em uma residência (CHRISTOVA-BOAL et al., 1996).

Estes percentuais de consumo podem variar de local para local, em virtude das condições climáticas. Assim, na Flórida este valor é da ordem de 5 a 10% enquanto no sudoeste americano pode atingir 65%.

Diante do exposto, tem-se na irrigação um forte incentivo para a prática do reuso da água cinza. Entretanto, tal ação implica em critérios de segurança para o usuário, uma vez que as possibilidades de contato entre este e a água de reuso é maior do que comparada às outras aplicações e critérios de proteção ao solo, pois a composição desta pode afetar as características do solo.

A irrigação pode ser feita de diversas maneiras através de gotejamento, aspersão ou até mesmo manual. Entre estas, JEPPESEN (1996) refere-se de maneira especial a irrigação sub-superficial por gotejamento pelas seguintes razões:

- a) É 60% mais eficiente que a irrigação por aspersão.
- b) Evita o contato humano com água devido à profundidade a que esta é aplicada.

A Tabela 20 apresenta o tratamento necessário a ser aplicado ao reuso de água cinza em função do tipo de irrigação.

TABELA 20 – TRATAMENTO DA ÁGUA CINZA EM FUNÇÃO DO TIPO DE IRRIGAÇÃO

TRATAMENTO	REUSO DE ÁGUA CINZA
Tratamento primário (tanque de sedimentação)	Abaixo do solo – valas ou sulcos
Tratamento secundário	Abaixo do solo – valas ou sulcos Micro drip ou irrigação por aspersão

FONTE: *Draft Guidelines for the Reuse of Greywater in Western Austrália* (2002).

O uso da água cinza no processo de irrigação pode implicar em impactos negativos ao solo e as plantas, em virtude dos compostos químicos que a compõe, sendo na maioria produtos de higiene pessoal e limpeza doméstica.

Entre eles podemos destacar os detergentes sintéticos ou agentes tensoativos compostos por um princípio ativo, o “surfactante”, e pelas substâncias coadjuvantes, como os fosfatos.

Os surfactantes reduzem a tensão superficial da água. Pode-se citar aqui o Alquil Benzeno Sulfonato de sódio (ABS) de biodegradabilidade muito lenta. Atualmente, este tem sido substituído pelo Alquil Benzeno Sulfonato Linear (LAS) de biodegradabilidade mais rápida.

Quanto aos agentes coadjuvantes estes visam, de modo geral, manter o pH, partículas em suspensão, complexar íons de cálcio e magnésio, inibir a corrosão e remover manchas. Como exemplo destas substâncias, citam-se os pirofosfatos, tripolifosfatos, metafosfatos, carbonatos, silicatos e o perborato de sódio. Quanto à concentração de nutrientes na água cinza, estes são listados a seguir.

TABELA 21 CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA ÁGUA CINZA

PARÂMETRO	CONCENTRAÇÕES	
	mg/l	
	BANHEIRO	LAVANDERIA
Fósforo	0,11 – 1,8	0,062 – 42
Nitrogênio	4,6 - 20	1,0 – 40
Potássio	1,5 – 5,2	1,1 – 17
Sódio	7,4 - 18	49 - 480

FONTE: adaptado de ERIKSSON et al. (2002)

A presença de substâncias químicas e matéria orgânica na água cinza utilizada para irrigação pode ocasionar:

- Alterações na estrutura do solo como, por exemplo, reduzir os espaços vazios entre as partículas sólidas, diminuindo a capacidade de drenagem do mesmo.
- Alteração do pH. Muitas plantas, como as azaléias e camélias são afetadas pelas alterações de pH.
- O excesso das quantidades assimilado pelo solo pode ser lixiviadas atingindo os corpos de água superficiais e subterrâneos.

2.4.6 Aspectos de Saúde Pública

Segundo NOLDE & DOTT¹³, citado por NOLDE (1999), os sistemas de reciclagem devem atender a quatro critérios: segurança higiênica, estética, aspectos ambientais e técnicos, além da viabilidade econômica. Em especial, será discutido o aspecto de segurança higiênica.

Conforme exposto anteriormente, é possível observar as elevadas concentrações de microrganismos na água cinza, em especial os de origem fecal. Estes microrganismos podem afetar a saúde humana através das seguintes vias:

- a) Inalação de aerossóis, que se constituem em partículas de água com diâmetro de 0,01 – 50 μm e que ficam suspensos no ar. Segundo PAGANINI (1987) os aerossóis podem transportar bactérias e vírus, mas raramente transportam protozoários ou helmintos. Este autor cita também que pode haver uma redução na concentração destes, sendo de 90% para as bactérias e 70% para os vírus. Esta redução é influenciada por fatores como a temperatura do ar e a radiação solar.
- b) Pelo contato direto com água e/ou com o solo.
- c) Pela ingestão de alimentos irrigados com água cinza.

Diante do exposto, o Quadro 4 apresenta sucintamente os riscos sanitários associados ao tipo de reuso.

¹³ NOLDE, E., DOTT, W. (1991) Verhalten von hygienisch relevanten Bakterien und Pilzen im Grauwasser-Einfluss der UV Desinfektion und Widerverkeimung.

QUADRO 4 – RISCOS DE SAÚDE ASSOCIADOS ÀS FORMAS POSSÍVEIS DE REUSO

FORMAS DE REUSO	RISCOS À SAÚDE	MEDIDAS DE MITIGAÇÃO DO RISCO
AGRÍCOLA	Contaminação de culturas com organismos patogênicos	Tratamento adequado Eliminar o contato direto do efluente com a cultura Substituição da cultura
	Contaminação direta dos trabalhadores	Tratamento adequado Educação dos trabalhadores a respeito da necessidade de adequados hábitos de higiene
	Contaminação do público por aerossóis	Tratamento adequado Fixação de zonas neutras com cercas vivas entre as áreas irrigadas e as zonas residenciais ou vias públicas. Substituição do método de irrigação
	Contaminação de peixes e lagoas	Tratamento adequado
RECREACIONAL	Doenças de Veiculação Hídrica, infecção de olhos, ouvido e nariz	Tratamento adequado. Restrição ao contato direto com a água
	Ingestão de contaminantes químicos ou irritação dos olhos e mucosas, devido a efluentes industriais	Reduzir ou eliminar descargas industriais. Tratamento adequado. Restrição ao contato direto.
	Conexão cruzada entre os sistemas de água potável e de reuso	Diferenciação (código de cores, materiais diferentes) entre os sistemas. Sinalização adequada. Tratamento adequado.
	Contato com a água recuperada utilizada na irrigação de parques e jardins	Tratamento adequado. Irrigação e lavagem em horários de pouco contato com o público. Restrição à irrigação com aspersão

FONTE: adaptado de LAVRADOR (1987)

Além da presença dos agentes patogênicos, outro fator importante a ser considerado diz respeito ao tempo de permanência destes patógenos em certas condições, na água, no esgoto e no solo. A Tabela 22 permite observar que o tempo de sobrevivência das bactérias nos esgotos com temperatura entre 20° e 30° é menor que 60 dias, ao passo que os helmintos podem sobreviver por vários meses.

TABELA 22 – TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA DE ALGUNS MICRORGANISMOS NA ÁGUA DOCE, NO ESGOTO E NO SOLO.

AGENTE PATOGENICO	TEMPO DE SOBREVIVÊNCIA EM DIAS	
	Água doce e Esgotos 20 – 30°C	Solo 20°C
Vírus		
Enterovírus	<120 G<50	<100 G<20
Bactérias		
Coliformes fecais	<60 G<30	<70 G<20
<i>Salmonella</i> spp	<60 G<30	<70 G<20
<i>Shigella</i> spp	<30 G<10	
<i>Vibrio cholerae</i>	<30 G<15	<20 G<10
Protozoários		
Cistos de <i>E. histolytica</i>	<30 G<15	<20 G<10
Helmintos	Vários meses	Vários meses
Ovos de <i>Ascaris lumbricoides</i>		

FONTE: FEACHEM, apud PAGANINI (1997)

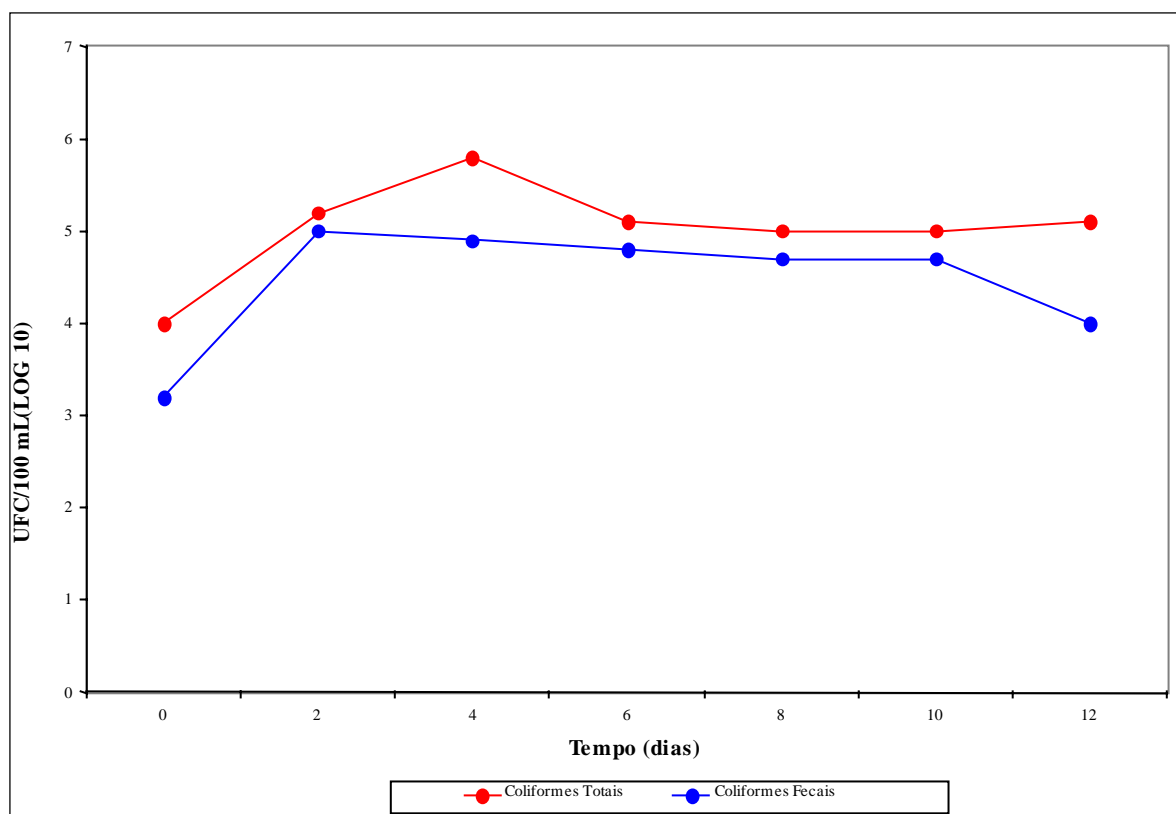
Em se tratando da água cinza, outro tópico importante apresentado por ROSE et al. (1991) trata do tempo do crescimento e do tempo de sobrevivência de microrganismos na água cinza armazenada.

A Figura 4 mostra que o número de coliformes fecais (CF) e coliformes totais (CT) aumenta em duas vezes nas primeiras 48 horas e a seguir decai suavemente. Depois de doze dias, o número de microrganismos remanescentes é superior ao número inicialmente presente. HYPES¹⁴, citado por ROSE et.al (1991) encontrou um número de coliformes totais de $1,88 \times 10^7$ ufc/100 mL e depois de 24 horas de armazenamento este número aumentou para $5,4 \times 10^8$ ufc/100mL.

¹⁴ HYPES, W.D. (1974) Characterization of typical household gray water treatment practice. In:

Manual of Gray Water Treatment Practice. Pp 79 – 88. Ann Arbor Science, Ann Arbor, Mich.

FIGURA 4 – CRESCIMENTO E SOBREVIVÊNCIA DE BACTÉRIAS NA ÁGUA CINZA DO BANHO



FONTE: Adaptado de ROSE et al (1991)

Diante do exposto, a prática segura do reuso exige uma análise de risco, ou seja, avaliar e calcular a probabilidade de um efeito indesejável causado por agentes patogênicos ou químicos afetar a saúde humana.

Os riscos a saúde humana podem ser classificados em (NARDOCCI, 2003):

- a) Riscos Tecnológicos: caracteriza situações acidentais e efeitos imediatos à saúde humana.
- b) Riscos Ambientais: são causados por ações antropogênicas como a poluição ambiental e a exposição a produtos químicos tóxicos que levam a efeitos crônicos.
- c) Riscos Naturais: causados por fenômenos naturais como as enchentes e as secas, cujo efeito pode ser imediato ou de longo prazo.

Cabe destacar os riscos ambientais de caráter epidemiológico e que podem ser avaliados seguindo as etapas (GANOULIS & PAPALOPOULOU, 1996):

- a) Identificação do risco;

- b) Quantificação do risco;
- c) Consequências do risco;
- d) Gerenciamento do risco.

Estes autores apresentam uma avaliação bastante simples para quantificação dos riscos. Em suma consiste em estabelecer a concentração máxima de um poluente (C_m) específico capaz de provocar reações adversas ao meio ambiente e compará-lo a concentração máxima permissível do efluente (C_o). Assim, caso a concentração C_m seja maior que a concentração C_o , indica um quadro de poluição e caso contrário, de segurança.

A análise mencionada acima auxilia os órgãos competentes a gerenciar os riscos através da adequação dos padrões de qualidade para reuso em função do uso previsto.

2.4.7 Critérios de Aplicabilidade para o Reuso de Águas

Segundo BLUM (2003) existem cinco critérios gerais a serem observados para determinar padrões de qualidade para água de reuso. São eles:

- a) Questão da Saúde Pública: relaciona-se, principalmente, a presença de organismos patogênicos, substâncias químicas orgânicas e inorgânicas. Os efeitos causados ao usuário em virtude destes agentes dependem de inúmeros fatores como o tempo de contato, a dose infectiva e a susceptibilidade do indivíduo infectado. Assim, os padrões de qualidade existentes fixam concentrações máximas permitidas no efluente em função do uso previsto. Quanto às concentrações de microrganismos patogênicos, os padrões consideram a condição mais desfavorável, isto é, maior nível de contato associado a menor dose infectiva e usuários mais sensíveis como crianças e idosos.
- b) Aceitação da Água pelo Usuário: este critério diz respeito às características organolépticas da água, em especial, cor e odor. É sabido que se a água de reuso possuir cor, o usuário pode considerá-la

contaminada ou poluída.

- c) Preservação do Ambiente: trata dos impactos positivos e negativos causados pela prática do reuso. Como exemplo, cabe salientar as alterações provocadas no solo e no entorno quando irrigado com efluentes compostos por altos teores de sais dissolvidos que podem levar a redução da permeabilidade do mesmo. A presença de nutrientes em excesso na água de reuso podem provocar a o fenômeno da eutrofização em rios e lagos, caso o reuso praticado tenha a finalidade de garantir as vazões.
- d) Qualidade da Fonte de Água: influencia diretamente na eficácia do tratamento aplicado à água para reuso. Se o tratamento é destinado a efluentes domésticos e este receber, clandestinamente, a contribuição de esgotos industriais, a eficiência do sistema de tratamento e a qualidade do efluente ficarão comprometidas.
- e) Adequação da Qualidade ao Uso Pretendido: este critério tem o objetivo de identificar e avaliar a interferência qualitativa das características da água para reuso. Isto significa dizer que as concentrações permitidas diferem em função do uso previsto.

Visto que a prática do reuso se tornou uma realidade e uma necessidade em muitos países, este tem sido orientado por diretrizes e normas. As restrições variam de um local para outro em função de fatores como as condições climáticas, acesso aos recursos hídricos, processos de tratamento, entre outros.

Em 1992, a EPA em conjunto com a *Agency for International Development* publicou o “*Guidelines for Water Reuse*”. Este regulamento trata sobre critérios de qualidade e processos de tratamento para água recuperada visando o reuso urbano, industrial e agrícola. Esta norma não tem a intenção de ser definitiva. Ela intenciona regular e orientar o reuso nos locais desprovidos de normas e regulamentos para tal prática.

QUADRO 5 – PADRÕES DE QUALIDADE PARA ÁGUA RECUPERADA - EPA

TIPOS DE REUSO	TRATAMENTO	QUALIDADE DA ÁGUA RECUPERADA
Reuso Urbano, todos os tipos de irrigação, lavagem de veículos, descarga de bacias sanitárias, proteção contra incêndios e outros usos similares	Secundário Filtração Desinfecção	pH: 6-9 DBO \leq 10 mg/l Turbidez \leq 2 NTU Coliforme Fecal Não Detectável
Irrigação de Áreas de Acesso Restrito	Secundário Desinfecção	pH: 6-9 DBO \leq 30 mg/l SS \leq 30 mg/l \leq 200 Coliforme Fecal /100 ml Cl ₂ Residual: 1 mg/l
Reuso Agrícola Alimentos Não Processados Comercialmente	Secundário Filtração Desinfecção	pH: 6-9 DBO \leq 10 mg/l Turbidez \leq 2 NTU Coliforme Fecal Não Detectável Cl ₂ Residual: 1 mg/l
Reuso Agrícola Alimentos Processados Comercialmente	Secundário Desinfecção	pH: 6-9 DBO \leq 10 mg/l Turbidez \leq 2 NTU Coliforme Fecal Não Detectável Cl ₂ Residual: 1 mg/l
Uso Recreacional c/ Contato	Secundário Filtração Desinfecção	pH: 6-9 DBO \leq 10 mg/l Turbidez \leq 2 NTU Coliforme Fecal Não Detectável Cl ₂ Residual: 1 mg/l
Reuso Paisagístico	Secundário Desinfecção	DBO \leq 30 mg/l SS \leq 30 mg/l \leq 200 Coliforme Fecal /100 ml Cl ₂ Residual: 1 mg/l
Reuso Industrial Reuso Ambiental	Depende do Tipo de Indústria Variável Secundário Desinfecção	Variável mas não deve exceder: DBO \leq 30 mg/l SS \leq 30 mg/l \leq 200 Coliforme Fecal/100 ml
Reuso para Recarga de Aquíferos	Secundário Desinfecção	pH: 6-9 DBO \leq 10 mg/l Turbidez \leq 2 NTU Coliforme Fecal Não Detectável Cl ₂ Residual: 1 mg/l
Uso Recreacional c/ Contato	Primário por aspersão Secundário por injeção	Depende do local e do uso

FONTE: EPA (1992)

Além das indicações do tratamento e dos padrões de qualidade citados no Quadro 5, a EPA traz outras recomendações como:

- a) Distância mínima de 15 m das áreas irrigadas até as fontes de água potável;

- b) Mínimo de cloro residual de 0,5 mg/l no sistema de distribuição
- c) Identificar através de cores diferentes ou fitas adesivas, as tubulações e acessórios da rede de reuso.

Nos Estados Unidos, a Califórnia e a Flórida destacam-se por possuírem códigos específicos para reuso potável indireto planejado. O Quadro 6 apresenta os padrões de qualidade de água recuperada sugeridos pela *Florida Department of Environmental Protection*.

QUADRO 6 – PADRÕES DE QUALIDADE E TRATAMENTO DE ÁGUA RECUPERADA – FLORIDA

USOS	TRATAMENTO	PADRÕES DE QUALIDADE
Áreas de Acesso Público Restrito e Usos Industriais	Secundário Desinfecção	DBO \leq 20 mg/l SST \leq 20 mg/l 200 Coliforme Fecal/100 ml
Áreas de Acesso Público, irrigação de alimentos, descarga sanitárias, proteção a incêndios.	Secundário Filtração Desinfecção	DBO \leq 20 mg/l SST \leq 20 mg/l Coliforme Fecal Não Detectável

FONTE: Florida Department of Environmental Protection, apud CROOK E SURAMPALLI (1996)

É importante ressaltar que no estado da Flórida não é permitida a irrigação de culturas comestíveis, exceto, daquelas que antes do consumo exigem a raspagem, a retirada da casca ou cozimento prévio (CROOK, 1993).

Quanto ao estado do Arizona, este é o único que exige limites para vírus e parasitas. Os limites impostos são de 1 vírus entérico/40 ml e ausência de *Entamoeba histolitica*, *Giardia lamblia* e *Ascaris lumbricoides* (CROOK, 1993).

Em se tratando do reuso de água cinza a NSWHEALTH (2000) apresenta algumas recomendações para evitar os riscos sanitários, entre os quais:

- a) Evitar o contato humano e animal com a água cinza.
- b) Se a mesma for aplicada na descarga sanitária, deverá passar por um processo de tratamento e desinfecção.
- c) Não irrigar plantas que são ingeridas cruas.
- d) Evitar o cruzamento da rede de água potável com a rede de água cinza.
- e) Não armazenar água cinza sem estar tratada e desinfetada.
- f) Distinguir a tubulação de água cinza da tubulação de água potável.

3 METODOLOGIA PARA CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CINZA

Para promover a reutilização da água cinza como fonte alternativa de suprimento de água em usos não nobres e, desta forma, contribuir com a conservação dos recursos hídricos naturais em nível do manancial abastecedor e em nível residencial, é de suma importância que seu reuso seja praticado de forma segura e ambientalmente correta.

Tal preocupação deve-se ao fato da presença de contaminantes físicos, químicos e biológicos constituintes desta apresentados anteriormente. Diante disso, se faz necessário conhecer a qualidade desta água com base em suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas.

É importante ressaltar que para o desenvolvimento do presente trabalho adotou-se como definição de água cinza a apresentada por GELT (2001), que se refere a água residuária proveniente de lavatórios, chuveiros, banheiras e lavanderias excluindo-se a da pia de cozinha.

3.1 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos escolhidos para caracterização da água cinza basearam-se em componentes comumente presentes no esgoto bruto.

Conforme citado na revisão bibliográfica, os parâmetros importantes que merecem destaque em se tratando de esgoto doméstico são: sólidos, indicadores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e indicadores de contaminação fecal.

Em se tratando da água cinza, a bibliografia aponta os seguintes parâmetros: temperatura, cor, turbidez, sólidos suspensos, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), carbono orgânico total (COT) e concentração de nutrientes.

Com base nestas referências e na disponibilidade de recursos financeiros para a realização das análises de qualidade do referido efluente, os parâmetros escolhidos foram:

- a) Físicos: temperatura, cor e turbidez;
- b) Químicos: pH, cloro livre e cloro total, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e fósforo total.
- c) Biológicos: coliformes fecais e coliformes totais.

A justificativa para a escolha dos parâmetros consta a seguir:

- a) Temperatura: influencia as reações químicas que ocorrem na água. Como por exemplo, a solubilidade dos gases. A água a uma temperatura de 0^o C contém uma concentração de 14 mg/l de oxigênio dissolvido e a temperatura de 20^o C a concentração de oxigênio se reduz a 9 mg/l. Como consequência pode ocorrer a decomposição da matéria orgânica através de processos anaeróbios com exalação de mau cheiro.
- b) Cor: a cor pode ser classificada em verdadeira e aparente. A cor verdadeira é obtida após o processo de centrifugação que retira a turbidez da água.
- c) Turbidez: é causada pelas partículas em suspensão presentes no efluente. A matéria suspensa interfere na passagem de luz, provocando a dispersão desta, conferindo à água um aspecto turvo. As implicações das partículas em suspensão é que estas podem causar o entupimento das tubulações e a colmatção de filtros de areia utilizados no processo de tratamento (ERIKSSON et al., 2002). Outro fator importante, é que as partículas podem servir de abrigo aos agentes patogênicos prejudicando a eficiência da desinfecção (SPERLING, 1996). Consta de um parâmetro fundamental a ser avaliado no intuito de posterior concepção do sistema de tratamento da água cinza.
- d) pH: é um parâmetro indicativo da alcalinidade, acidez ou neutralidade do efluente. O seu valor pode variar de 0 a 14. Inlui decisivamente nos processos de tratamento biológico de esgotos, uma vez que a biomassa se reproduz e desenvolve em faixas ótimas de pH como, também, está relacionado ao processo de desinfecção dos esgotos com agentes como o

cloro.

- e) Cloro Residual Livre e Cloro Total: o cloro além de ser um desinfetante é também um agente oxidante. Ele reage com ferro, manganês, nitritos, sulfetos e com a matéria orgânica. Portanto, parte do cloro é consumida em reações oxidantes e outra parte permanece no efluente. Esta parcela não utilizada é chamada de cloro livre residual e é representada pelo ácido hipocloroso e pelo íon hipoclorito. Caso exista amônia no efluente o cloro pode reagir com esta formando as cloraminas, constituindo o cloro residual combinado. O cloro total refere-se à soma das duas formas citadas anteriormente. Cumpre salientar que alguns códigos internacionais preconizam certa concentração de cloro residual nos sistemas de reuso como mencionado anteriormente na revisão bibliográfica.
- e) Oxigênio Dissolvido: o consumo total de oxigênio dissolvido presente na água pelas bactérias pode favorecer a formação de um ambiente anaeróbio com geração de maus odores.
- f) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): representa a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a fração biodegradável da matéria orgânica carbonácea que é transformada em água, gás carbônico, sulfatos, fosfatos, e outros. Este parâmetro é uma medida indireta da concentração de matéria orgânica presente no esgoto.
- h) Fósforo Total: é constituído pelos fosfatos orgânicos e os ortofosfatos. A presença deste nos esgotos deve-se ao uso dos detergentes sintéticos que contém concentrações de 2 a 3 mg/l de fósforo inorgânico (ortofosfatos) e 0,5 a 1,0 mg/l de fósforo orgânico. É considerado um dos principais nutrientes para a realização dos processos biológicos na degradação da matéria orgânica.
- i) Coliformes Fecais e Coliformes Totais: conforme apresentado na revisão bibliográfica a presença de microrganismos nos esgotos é caracterizada a

partir da presença destas bactérias.

3.2 PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM

3.2.1 Materiais Utilizados

- a) 4 Pipetas de vidro com volume de 100 mL e 1 pipeta de vidro com volume de 50 mL.
- b) Pêra pipetadora de borracha com volume de 50 mL.
- c) Frascos plásticos esterilizados, fornecidos pelo Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos – CEPPA.
- d) Álcool 70°.
- e) Água Destilada.
- f) Luvas.
- g) Bolsa Térmica.

3.2.2 Equipamentos Portáteis

- a) Medidor de pH – POCKET METER – modelo pH 330i 340i, marca WTW.
- b) Kit de Cloro Total e Residual – MICROQUANT CHLORINE TEST FOR SWIMMING POOLS, marca MERCK.
- c) Medidor de Oxigênio Dissolvido – DO 100 METER, marca OAKTON.

3.2.3 Pontos de Coleta

Os pontos de coleta se constituíram integralmente de caixas sifonadas localizadas nos banheiros de edificações multi e unifamiliares com padrão social de médio a alto.

O total de pontos amostrados foi de vinte e seis caixas sifonadas. Em geral, as

mesmas costumam receber a água proveniente do chuveiro, lavatório, banheira e bidê. Entretanto, verificou-se que esta configuração diferenciou-se de um local de coleta para outro, conforme apresentado no Quadro 7.

QUADRO 7 – DADOS GERAIS DOS PONTOS DE COLETA

AMOSTRA		PRÉDIO	INFORMAÇÕES GERAIS		
		Configuração	Crianças	Adultos	Animais
1	1	Ch + La	-	01	-
2	2	Ch + La	-	03	-
3	2	Ch + La	01	01	01
4	3	Ch + La	-	03	-
5	4	Ch	01	02	-
6	5	Ch + Bh	-	01	
7	5	Ch +Bh			
8	6	Ch + Bh			
9	6	Ch + Bh	01		
10	7	Ch + Bd			
11	8	Ch + Bh +La	-	05	01
12*	9	Ch + Bd			
13	10	Ch + Bh +La	-	04	01
14	10	Ch + Bh +La	-	04	01
15	11	Ch	-	01	-
16	12	Ch + La + Bd	-	01	-
17	12	Ch + La + Bd	-	01	-
18	12	Ch + La + Bd	-	01	-
19	12	Ch + La + Bd	-	01	-
20	13	Ch + La	-	01	-
21	14	Ch + La + Bd	-	01	-
22	15	Ch + La	-	02	-
23	15	Ch + La	-	02	-
24	16	Ch + La + Bd	01	03	-
25	17	Ch + La	-	02	-
26	17	Ch + La	-	02	-

FONTE: Autora

Nota: ch – chuveiro; La – Lavatório; Bd – bidê; Bh – Banheira; *amostra composta

3.2.4 Procedimentos de Coleta das Amostras

As coletas foram realizadas em dias alternados no período de dezembro de 2002 a março de 2003. Em média, foram coletadas duas amostras em cada dia.

Para realizar a coleta utilizou-se a pipeta de vidro previamente autoclavada. Isto quer dizer que antes de cada coleta as pipetas foram autoclavadas a 120°C/1 atm em uma Autoclave de Chamberland.. As pipetas permaneciam neste processo em torno de trinta minutos.

A amostragem iniciava-se com a homogeneização da água cinza dentro da caixa sifonada. Para isto utilizou-se a própria pipeta esterilizada. A seguir, acoplava-se a pera pipetadora de borracha de volume de 50 ml à pipeta de vidro. Ao pressionar a pera a água cinza era succionada para dentro da pipeta, conforme mostra a Figura 5. O volume coletado foi armazenado nos frascos plásticos devidamente identificados com o nome da amostra e o número do ponto de coleta. Os frascos foram acondicionados na bolsa térmica e encaminhados ao laboratório para as análises.

FIGURA 5 – COLETA DA AMOSTRA DE ÁGUA CINZA.



FONTE: Autora

O volume de água coletado, para cada amostra, totalizou 700 mL, dos quais 500 mL foram destinados às análises físico-químicas e os 200 mL restantes, às análises microbiológicas.

Coletou-se, também, um volume excedente de aproximadamente 50 mL para as análises de pH, cloro residual livre e cloro total e oxigênio dissolvido realizadas no próprio local.

As amostras foram entregues no Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos – CEPPA no mesmo dia. Entretanto, quando isto não ocorria às amostras eram mantidas na geladeira a uma temperatura de 4°C e entregues no dia seguinte. Neste caso, as amostras eram transportadas para o laboratório dentro das bolsas térmicas com gelo. Este cuidado visou a conservação das qualidades originais do efluente coletado.

3.3 ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA CINZA

3.3.1 Análises *in Loco*

Encerrada a coleta, procedeu-se às análises *in loco* do pH, oxigênio dissolvido e cloro residual livre e cloro total.

Isto porque, parâmetros como pH e oxigênio dissolvido podem variar ao longo do tempo em função da alteração de temperatura enquanto as concentrações de cloro podem diminuir gradativamente ao longo do tempo, caso haja matéria orgânica para ser oxidada.

3.3.1.1 Potencial Hidrogeniônico – pH

A leitura do pH foi realizada com auxílio de um pHmetro denominado POCKET METER, modelo 330i e 340i da marca WTW (Figura 6).

FIGURA 6 – PHMETRO



FONTE: Autora

Antes da primeira coleta do dia o equipamento foi calibrado com base em duas soluções de pH iguais a 4,01 e 7,0 respectivamente. A partir daí, realizaram-se as análises.

Após a utilização do aparelho o sensor era lavado com água destilada e secado cuidadosamente com papel absorvente.

3.3.1.2 Oxigênio Dissolvido – OD

Este parâmetro foi determinado com um oxímetro portátil DO 100 METER, modelo 35640 e marca OAKTON, conforme mostra a Figura 7.

FIGURA 7 – OXÍMETRO PORTÁTIL



FONTE: Autora

Segundo informações do fabricante, este oxímetro tem seu procedimento de análise atendendo ao *Standard Methods*, parte 4500 O-G como também a *Environmental Protection Agency – EPA*, parte 360.1.

O oxigênio dissolvido é obtido através do método eletrométrico que emprega membranas que adsorvem o oxigênio, em função da difusão molecular que é linearmente proporcional à concentração de oxigênio.

3.3.1.3 Cloro Residual Livre e Cloro Total

As concentrações de cloro foram obtidas a partir do Kit de Cloro – Microquant Chlorine Test for Swimming Pools, marca MERCK com intervalo de 0,1 a 2,0 mg/l, conforme mostra a Figura 8.

FIGURA 8 –KIT DE CLORO LIVRE E TOTAL



FONTE: Autora

A base da análise de cloro é o método DPD (N, N-dietil-p-phenylenediamine) apresentado no *Standard Methods*, parte 4500-Cl G.

Este método tem como princípio a colorimetria. Adicionam-se os reagentes a amostra. Estes, na presença de cloro, reagem formando um complexo roxo. Para cada

intensidade de cor formada tem-se uma concentração de cloro livre e cloro total correspondente.

3.3.2 Análises Laboratoriais

Os parâmetros cor, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total e coliformes fecais e totais, foram realizadas pelo Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos – CEPPA, situado no Campus Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná – UFPR, conforme já citado.

3.3.2.1 Turbidez

Este parâmetro físico foi determinado segundo as prescrições do *Standard Methods*, parte 2130 B. O método nefelométrico baseia-se na leitura da intensidade de luz dispersa pela amostra, em um ângulo de 90°, com a direção de luz incidente, em relação à intensidade de luz dispersa por uma suspensão padrão de referência de formazina. Neste caso, a unidade de para turbidez é a NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

3.3.2.2 Cor

A cor foi obtida através de comparação visual, conforme os procedimentos apresentados no *Standard Methods*, parte 2120 B.

A comparação visual é feita entre a cor do efluente com a cor produzida por soluções padrão. As soluções padronizadas são compostas de cloroplatinato de potássio tingidas com pequenas quantidades de cloreto de cobalto.

3.3.2.3 Fósforo Total

A presença de fósforo total na amostra foi determinada segundo o *Stannous Chloride Method*, parte 4500-PD do *Standard Methods*.

Este método consiste em primeiramente fazer a digestão química dos fosfatos orgânicos através de ácidos sulfúrico e nítrico. Procede-se, então, a colorimetria utilizando o ácido molibdofosfórico que é reduzido pelo cloreto estanoso para molibdênio azul intensamente colorido. A partir disso as concentrações de fósforo total são determinadas em espectrofotômetro de 690 nm.

3.3.2.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

O método utilizado para determinar este parâmetro segue o *5-Day BOD Test*, parte 5210 B do *Standard Methods*.

O princípio deste método é a determinação da concentração de oxigênio dissolvido na amostra ou em diluições apropriadas antes e depois do período de incubação. O tempo de incubação corresponde a 5 dias a uma temperatura de 20°C. A concentração DBO, em mg/l, corresponde a diferença entre as concentrações de oxigênio no início e no fim do período de incubação.

3.3.2.5 Coliformes Totais e Coliformes Fecais

A detecção (presença/ ausência) e avaliação quantitativa do grupo coliforme, na amostra do referido efluente, foi feita através da Técnica dos Tubos Múltiplos, referenciada no *Standard methods*, parte 9221 A-F.

O método baseia-se na teoria estatística, isto é, estimar a densidade dos microrganismos em 100 mL de amostra. Esta estimativa é representada pelo Número Mais Provável (NMP) obtido por meio de valores tabelados com base na combinação de tubos com crescimento positivo ou negativo.

A primeira etapa consiste do teste presuntivo. Nesta etapa porções de 1mL da amostra são colocadas em tubos de ensaio contendo, como meios de cultura, Caldo Lauril Sulfato de Sódio concentração dupla com púrpura de bromocresol ou Caldo Lauril Sulfato de Sódio concentração simples ou Caldo Lauril. A seguir, os tubos de ensaio são incubados a 35°C \pm 1°C por 48 horas. A presença de coliformes é

confirmada através da produção de gás, visualizada nos tubos Durhan e pela viragem do indicador de púrpura para amarelo.

A segunda etapa consiste no teste confirmativo. Os tubos positivos são divididos em duas alçadas.

Uma alçada recebe, como meio de cultura, o caldo verde brilhante bile (2%). Esta é incubada a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24-48 horas. A produção de gás confirma a presença de coliformes totais. O NMP é obtido pela combinação do número de tubos positivos, isto é, com produção de gás.

A outra alçada recebe, como meio de cultura, o caldo EC (*Escherichia coli*) com MUG. Esta é incubada a $44,5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24 horas. A produção de gás e a fluorescência em luz ultravioleta produzida pela quebra do MUG pelas enzimas da *Escherichia coli* confirmam a presença de coliformes fecais na amostra do efluente. O NMP é obtido de forma semelhante ao dos coliformes totais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas da água cinza realizadas in loco e no laboratório para ponto de coleta são apresentados na Tabela 23.

TABELA 23 – CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA CINZA

INFORMAÇÕES		PARÂMETROS										
GERAIS		FÍSICOS			QUÍMICOS						MICROBIOLÓGICOS	
Amostra	Conf.	Temp.	Cor	Turbidez	pH	Oxigênio Dissolvido	Cloro Livre	Cloro Total	Fósforo Total	DBO	Coliformes Fecais	Coliformes Totais
		⁰ C	Hz	Ntu	-	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg O ₂ /l	NMP/100ml	NMP/100ml
1	Ch + La	25,5	25,0	3,2	7,2	5,5	0,0	0,0	2,1	286,9	2,2 x 10 ²	5,0 x 10 ⁶
2	Ch + La										7,00	5,0 x 10 ⁶
3	Ch + La											
4	Ch + La	26,5	42,0	14,5	7,5	5,4	0,0	0,0	4,0	22,4	4,00	9,0 x 10 ⁴
5	Ch										2,0 x 10	2,4 x 10 ⁶
6	Ch + Bh	26,6	35,0	122,0	7,3	5,4	0,0	0,0	18,2	44,8	8,4 x 10 ²	1,4 x 10 ⁶
7	Ch + Bh	25,3	38,0	92,0	7,4	5,6	0,0	0,0	4,7	153,9	3,1 x 10 ²	2,4 x 10 ⁶
8	Ch + Bh	21,8	12,0	2,0	6,7	3,9	0,0	0,1	0,5	16,7	<20	5,10
9	Ch + Bh	21,8	107,0	44,5	7,6	4,9	0,0-0,1	0,1	5,7	215,8	2,3 x 10 ³	1,6 x 10 ⁷
10	Ch + Bd	21,5	21,0	13,0	6,6	3,1	0,0	0,1	4,2	46,3	9,0 x 10 ⁶	9,0 x 10 ⁶
11	Ch + Bh + La	23,5	20,0	81,9	6,8	4,0	0,0	0,0	5,0	260,6	1,6 x 10 ⁷	2,4 x 10 ³
12	Ch + Bd	24,0	59,0	35,0	6,9	3,3	0,0	0,0	3,0	94,0	8,0 x 10 ³	9,0 x 10 ⁵
13	Ch + Bh + La	23,8	17,0	20,2	7,2	5,5	0,0	0,0	8,4	36,7	3,0 x 10	1,6 x 10 ⁶
14	Ch + Bh + La	22,4	9,0	5,4	7,1	5,2	0,0	0,0-0,1	4,7	113,5	9,40	3,0 x 10 ⁵
15	Ch	23,8	49,0	189,0	6,9	5,4	0,0	0,0	38,5		2,0 x 10 ²	2,4 x 10 ⁶
16	Ch + La + Bd	24,8	55,0	25,3	7,4	3,6	0,6	0,6	4,7	54,3	1,3 x 10	2,4 x 10 ⁶
17	Ch + La + Bd	26,5	31,0	6,9	7,0	5,7	0,8	1,0	1,2	24,1	9,0 x 10 ⁴	5,0 x 10 ⁷
18	Ch + La + Bd	23,8	24,0	8,2	7,3	3,9	0,8	1,0	1,9	60,1	2,6 x 10	1,6 x 10 ⁷
19	Ch + La + Bd	25,1	82,0	18,9	7,1	5,8	0,6	0,6	6,4	60,1	3,0 x 10 ⁵	1,6 x 10 ⁸
20	Ch + La	27,0	41,0	21,6	7,5	4,6	0,8	0,8	2,8	42,3	2,5 x 10	1,6 x 10 ⁶
21	Ch + La + Bd	27,0	34,0	22,4	7,0	5,4	0,8	0,8	1,9	39,0	8,0 x 10 ⁴	3,0 x 10 ⁵
22	Ch + La	21,5	76,0	63,5	7,9	4,0	0,6	0,6	9,7	188,5	4,00	9,0 x 10 ⁶
23	Ch + La	23,2	49,0	15,6	7,5	4,3	0,6	0,6	8,5	56,0	<20	9,0 x 10 ⁵
24	Ch + La + Bd	24,7	300,0	36,5	8,5	5,9	0,6	0,6	2,1	185,6	7,0 x 10 ³	5,0 x 10 ⁶
25	Ch + La	23,0	27,0	5,2	7,0	3,7	0,6	0,6	1,7	72,6	2,00	5,0 x 10 ⁵
26	Ch + La	23,0	50,0	12,4	7,4	2,7	0,6	0,6	3,6	49,9	9,0 x 10	3,0 x 10 ⁶

FONTE: Autora

Nota: ch – chuveiro; La – Lavatório; Bd – bidê; Bh – Banheira

De posse destes resultados calculou-se as médias dos parâmetros de forma a obter a caracterização da água cinza. A tabela 24 mostra as características físicas, químicas e microbiológicas encontradas para a água cinza. A caracterização utilizou valores mínimos, máximos e média aritmética para os parâmetros físicos e químicos. Para os parâmetros microbiológicos foi usada a média geométrica que representa melhor a tendência central, conforme citado por SPERLING (2001).

TABELA 24 –CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA CINZA

PARÂMETRO	CONCENTRAÇÕES		
	MÍNIMO	MÉDIA	MÁXIMO
Temperatura (°C)	21,5	24,1	27,0
Cor (Hz)	9,0	52,3	300,0
Turbidez (NTU)	189,0	37,3	197,0
pH	6,7	7,2	8,5
Oxigênio Dissolvido (mg/l)	2,67	4,62	5,9
Cloro Livre (mg/l)	0,0	0,32	0,8
Cloro Total (mg/l)	0,0	0,35	1,0
Fósforo Total (mg/l)	0,51	6,24	38,4
DBO (mg O ₂ /l)	16,67	96,53	286,9
Coliformes Totais (NMP)	5,1	$9,42 \times 10^5$	$1,6 \times 10^8$
Coliformes Fecais (MNP)	2,0	4×10^2	$1,6 \times 10^7$

FONTE: Autora

Observando-se a tabela acima é possível verificar as grandes variações entre os valores mínimos e máximos apresentadas por parâmetros como a cor, a turbidez, a DBO e o grupo dos coliformes.

Quanto à cor e a turbidez, os valores máximos encontrados foram, respectivamente, 300 mg/l e 189 mg/l. Estes parâmetros estão intimamente relacionados ao aspecto estético do efluente, além do que as partículas sólidas em suspensão podem servir de abrigo aos microorganismos. Para ROSE et al. (1991), algumas propriedades físicas e químicas da água, como a presença de fosfatos, amônia e a turbidez podem contribuir para o crescimento de microorganismos na água cinza armazenada.

Em se tratando da Demanda Bioquímica de Oxigênio as concentrações variaram entre 16,67 mg/l e 286,93 mg/l. A DBO representa, indiretamente, a quantidade de matéria orgânica presente no efluente e, portanto é um indicador da poluição orgânica.

A presença dos microrganismos na água residuária é representada pelo grupo dos coliformes totais e fecais cuja presença foi da ordem de $9,42 \times 10^5$ e 4×10^2 , respectivamente, confirmando a poluição microbiológica e reforçando a necessidade de cuidados para prática do reuso sanitariamente seguro. Além da presença de coliformes na água cinza é preciso atentar para o tempo de sobrevivência destes seres, uma vez que segundo ALBRECHTSEN, apud ERICKSSON (2001), os coliformes fecais, mais precisamente a *Escherichia coli*, podem sobreviver e ser detectados por até um período de 14 dias no sistema de água cinza. ROSE et al. (1991) também apresenta em seus estudos um aumento no número de coliformes totais e fecais nas primeiras 48 horas de armazenamento. Após 12 dias os mesmos podem ser encontrados em número superior ao inicialmente determinado, conforme mostra a figura 4 apresentada anteriormente.

Com intuito de avaliar a que tipo de efluente a água cinza se assemelha fez-se uma comparação entre suas características com as características de águas de menor qualidade, como o esgoto bruto e às águas doces classificadas pela resolução nº. 20 do CONAMA.

Observando a tabela 25 percebe-se que as concentrações dos parâmetros cor, turbidez e oxigênio dissolvido podem ser comparados àquelas apresentadas pela Resolução nº 20 do CONAMA. Esta resolução indica e define os usos preponderantes para cada uma das cinco classes de água doce. Segundo FINK e SANTOS (2003), com exceção da classe especial que se destina ao uso primário, as demais águas enquadradas nas classes 1, 2, 3 e 4 são tidas como águas de qualidade inferior permitindo determinados usos em função das qualidades físicas, químicas e microbiológicas que apresentam. Para estes autores, os corpos d'água das classes 1, 2, 3 e 4 podem ser chamadas de água para reuso indireto.

Isto posto, as concentrações encontradas para cor, turbidez e oxigênio dissolvido da água cinza caracterizada neste trabalho são semelhantes às águas de rios de classes 2 e 3, classe 1, classe 3, respectivamente.

TABELA 25 – COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DA ÁGUA CINZA AS DO ESGOTO BRUTO

PARÂMETRO	ÁGUA CINZA	ESGOTO BRUTO		
		FRACO	TÍPICO	FORTE
Temperatura	24			
Cor	52,30		75 ⁽⁵⁾	
Turbidez (NTU)	37,35		400 ⁽⁵⁾	
PH	7,2		7,0 ⁽³⁾ 6,4 ⁽⁴⁾	
OD	4,63		≥4,0 ⁽⁵⁾	
Cloro Livre	0,32			
Cloro Total	0,35			
Fósforo Total	6,24	5 ⁽¹⁾		20 ⁽²⁾
DBO	96,54	100 ⁽¹⁾	212,5 ⁽⁴⁾ 242 ⁽²⁾	300 ⁽¹⁾
Coliformes Totais	9,42 x 10 ⁵		1,1 x 10 ⁸ (2)	
Coliformes Fecais	4 x 10 ²		1 x 10 ⁷ (2)	

Nota: (1) JORDÃO; (2) MORAIS; (3) SPERLING; (4) ETE BÉLEM; (5) RESOLUÇÃO n.20 CONAMA

Quanto aos demais parâmetros encontrados para água cinza neste trabalho é possível compará-los a valores observados no esgoto bruto. O valor do pH (7,2) é um valor típico para esgoto, conforme indicado por SPERLING (1996) e segundo os valores médios observados no esgoto bruto afluente a Estação de Tratamento de Esgotos Belém em Curitiba, no período de 2001 a 2002.

Quanto às concentrações de DBO (96,54 mg/l) e de Fósforo Total (6,54 mg/l) encontradas estas se assemelham a um esgoto bruto fraco, conforme o valor observado em experiências brasileiras por PESSOA & JORDÃO (1995).

Em se tratando da presença de bactérias do grupo coliforme, as concentrações encontradas neste trabalho foram inferiores as concentrações consideradas típicas de esgotos brutos quando comparadas aos valores obtidos por MORAIS (2001) no esgoto afluente a Estação de Tratamento de Esgotos de Praia Grande, em Jaboatão dos

Guararapes.

Como citado na referência bibliográfica, alguns países já caracterizaram este efluente e o utilizam como insumo em usos não potáveis. Comparando os valores médios obtidos neste trabalho com os intervalos de concentração de outras pesquisas é possível verificar que os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos se enquadram em tais intervalos.

TABELA 26 – COMPARAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DA ÁGUA CINZA DESTE TRABALHO COM OUTROS AUTORES

PARÂMETRO	ÁGUA CINZA	CRISTOVA- BOAL (1996)	NOLDE (1999)	JEPPERSEN & SOLLEY (1994)
Temperatura	24			
Cor	52,30	60 – 100		
Turbidez (NTU)	37,35	60 – 240		22 – 200
PH	7,2	6,4 – 8,1		6,6 – 8,7
OD	4,63			
Cloro Livre	0,32			
Cloro Total	0,35			
Fósforo Total	6,24	0,11 – 1,8	0,2 – 0,6	0,6 – 27,3
DBO	96,54	76 – 200	50 – 100	90 – 240
Coliformes Totais	$9,42 \times 10^5$	$500 - 2,4 \times 10^7$	$10^2 - 10^3$	
Coliformes Fecais	4×10^2	$170 - 3,3 \times 10^3$	$10^{-1} - 10^1$	

FONTE: adaptado pela autora

Outro aspecto importante a ser discutido diz respeito aos critérios para reuso. Os critérios para reuso visam, sobretudo, proteger e assegurar a saúde humana e o meio ambiente onde o reuso é praticado.

Desta forma muitas instituições preocupadas com os aspectos sanitários têm desenvolvido normas e regulamentos que preconizam o reuso sanitariamente seguro.

A Tabela 27 apresenta padrões para o reuso de água recuperada em função dos usos previstos emitidos pela *Fukuoka Prefecture Government, Environmental Protect Agency (EPA), Wastewater Reclamation Criteria of Florida*.

Avaliou-se a qualidade da água cinza encontrada considerando sua aplicação em usos urbanos não potáveis em especial, as descargas sanitárias e a irrigação de jardins.

TABELA 27 – CRITÉRIOS DE APLICABILIDADE PARA O REUSO DA ÁGUA EM FINS URBANOS NÃO POTÁVEIS

USO	PARÂMETROS	FUKUOKA PREFECTURE GOVERNMENT	EPA	FLORIDA
Descargas Sanitárias	pH	5,8 – 8,6	6-9	-
	DBO (mg/l)	20	≤ 10	20
	Turbidez (NTU)	-	≤ 2	-
	Cloro Residual (mg/l)	0,5	≥ 1	-
	Coliformes	10	Não Detectável	-
Irrigação de Áreas de Acesso Restrito	pH	-	6-9	-
	DBO (mg/l)	-	≤ 30	20
	Turbidez (NTU)	-	-	-
	Cloro Residual (mg/l)	-	≥ 1	-
	Coliformes Fecais	-	≤ 200	Nenhum

Observando a tabela acima, nota-se que para os usos previstos algumas regulamentações são mais restritivas que outras quanto à utilização de efluentes. Entretanto, de um modo geral verifica-se que entre os parâmetros analisados da água cinza neste trabalho apenas o pH atende as exigências prescritas para o reuso urbano em descargas sanitárias e na irrigação. Os demais parâmetros superam os valores preconizados, o que restringe o seu uso antes de submetê-la a um tratamento. Nestas condições são sugeridos processos de tratamento para adequar a qualidade do efluente ao uso. A EPA, por exemplo, destaca o tratamento secundário, a filtração e a desinfecção.

Conforme mostrado anteriormente a concentração dos parâmetros cor, turbidez e oxigênio dissolvido da água cinza são equivalentes aos padrões encontrados nas classes 1, 2 e 3 da resolução do CONAMA. Assim, para estes parâmetros os usos permitidos pelo CONAMA são a recreação de contato primário e a irrigação de hortaliças, frutas rentes ao solo, plantas frutíferas além de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

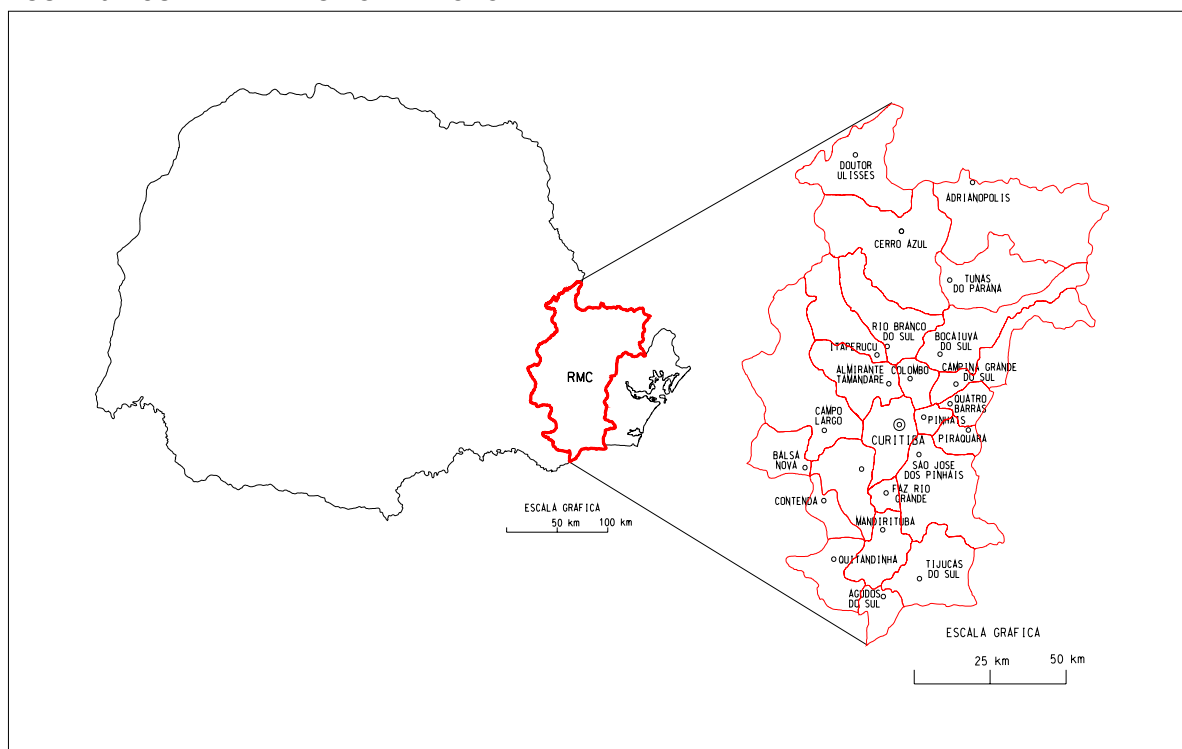
5 ESTUDO DE CASO

O objetivo deste estudo de caso é apresentar uma avaliação quantitativa do impacto causado nos mananciais abastecedores da Região Metropolitana de Curitiba, através da redução do consumo per capita de água caso a população utilizasse a água cinza nas descargas das bacias sanitárias e na lavagem de pisos e automóveis. Primeiramente, descreve-se as principais bacias responsáveis pelo abastecimento da cidade indicando a sua produção hídrica, bem como se apresentam as bacias hidrográficas que poderão contribuir para ampliação do sistema e as principais implicações para seu uso. A seguir, são apresentados três cenários que consideram as perspectivas de atendimento as demandas futuras entre 2000 e 2050 em função da qualidade e preservação dos mananciais. A partir disso, conhecida a realidade hídrica da cidade de Curitiba e região metropolitana, faz-se uma análise quantitativa da nova demanda por água a ser atendida entre 2000 e 2050 caso seja adotado o uso da água cinza como instrumento de conservação dos recursos hídricos. Para finalizar compara-se esta demanda compensada aos cenários de disponibilidade hídrica apresentados por ANDREOLI et al. (1999) de forma a avaliar a economia de água no manancial abastecedor.

5.1 APRESENTAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

A Região Metropolitana de Curitiba está situada próxima as cabeceiras do Rio Iguaçu e é formada por quatorze municípios com uma população total de 2.551.078 habitantes, conforme mostra a Figura 9.

FIGURA 9 – CURITIBA E REGIÃO METROPOLITANA



A região apresenta no se entorno as seguintes bacias hidrográficas:

- a) Bacia do Alto Iguaçu.
- b) Bacia do Rio Capivari.
- c) Bacia do Rio da Várzea.
- d) Bacia do Rio Açungui.
- e) Bacia Litorânea.

5.2 MANANCIAIS UTILIZADOS ATUALMENTE

A bacia do Rio Iguaçu é a maior responsável pelo fornecimento de água para RMC. O rio Iguaçu em conjunto com o rio Passaúna e o aquífero Karst são utilizados pela Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR para atender os municípios de Curitiba, Araucária, Colombo, Almirante Tamandaré, Piraquara e São José dos Pinhais.

A disponibilidade hídrica dos mananciais da RMC é apresentada no Quadro 9.

QUADRO 8 – DISPONIBILIDADE HIDRICA DOS MANANCIAIS DA RMC

BACIA	ÁREA TOTAL Km ²	VAZÃO DE PRODUÇÃO l/s
IGUAÇU		
Altíssimo Iguaçu	565,00	7525
Rio Irai	113,00	1800
Rio Iraizinho	52,60	
Rio Piraquara	101,60	1200
Rio do Meio	25,00	
Rio Palmital	93,00	
Rio Itaquí	39,80	
Rio Pequeno	140,00	1000
Bacias incrementais		3525
Alto Iguaçu	728,20	10210
Miringuava	101,00	1440
Rios de Campina e Cerro Azul	94,5	1465
Rio Cotia / Despique	154,70	2150
Rio Alto Mauricio	36,00	540
Rio das Onças (Mandirituba)	29,00	410
Rio Faxinal	63,30	935
Rio das Onças (Contenda)	60,70	664
Rio Guajuvira	19,00	256
Rio Piunduva	25,00	350
Rio Passaúna	145,0	2000
Rio Verde*		
Rio Itaquí*		
Rio da Várzea	675,00	8780
Rio Açungui	1265,00	11475
Rio Capivari	1100,00	14900
Rio Arraial	286,00	5640
Rio Negro		
Rio Ribeira		
Aqüífero Karst		600

FONTE: ANDREOLI et.al (1999)

5.2.1 Bacia do Iguaçu

A Bacia do Iguaçu pode ser subdividida em duas partes:

- a) Bacia do Altíssimo Iguaçu que compreende a área desde a nascente até a captação do Iguaçu junto a BR 277.
- b) Bacia do Alto Iguaçu compreende as áreas a jusante da captação do Iguaçu até a foz do Rio Piunduva em Contenda.

A bacia do Altíssimo Iguaçu tem uma área de 565 km² e é constituída pelos seguintes mananciais: Iguaçu, Iraí, Iraizinho, Meio, Piraquara, Palmital, Itaquí e Pequeno. A produção deste manancial é de 6300 l/s, sendo a captação do Iguaçu

responsável por 3300 l/s e a captação do Iraí responsável por 3000 l/s, respectivamente. Entretanto, com a ampliação do sistema de captação do Rio Iraí através da construção das barragens do Rio Pequeno e Piraquara a produção total deste sistema pode atingir uma vazão disponível de 7200 l/s.

A importância da bacia do Altíssimo Iguaçu para o abastecimento da cidade de Curitiba e sua região metropolitana, deve-se aos seguintes fatores:

- a) O ponto de captação se situa próximo ao centro de consumo. A água é captada dentro da cidade, reduzindo os custos operacionais.
- b) Utilização das bacias incrementais de forma associada.
- c) Os mananciais se localizam próximo a Serra do Mar, o que caracteriza os altos níveis de precipitação pluviométrica e conseqüentemente dão origem às altas vazões.

Entretanto, tal disponibilidade quantitativa é fortemente ameaçada pelo processo de urbanização que ocorre nesta bacia. Segundo DALARMI (1999), a maior ameaça a sobrevivência dos mananciais abastecedores reside na expansão urbana sobre os mesmos.

Em se tratando dos mananciais do Altíssimo Iguaçu, esta realidade é facilmente comprovada quando se observa, por exemplo:

- a) O reservatório do Rio Iraí é atravessado, a montante da sua barragem, pelo Contorno Leste e sua bacia cortada pela BR-116. Segundo ANDREOLI et al. (1999), caso ocorra um acidente nestas rodovias com derrame de produtos tóxicos é necessário a interrupção no sistema de abastecimento por um período superior a 90 dias.
- b) O rio Palmital, que atravessa os municípios de Colombo e Pinhais, recebe a contribuição de esgotos domésticos provenientes dos assentamentos irregulares das suas margens. Em virtude do alto grau de poluição das águas deste rio a sua contribuição de 372 l/s esta excluída do sistema de abastecimento de água.

Quanto à bacia do Alto Iguaçu pode-se destacar, em sua margem direita, o rio

São Paulo. Contribui com uma vazão de 200 l/s abastecendo principalmente a cidade de Colombo. Cabe ressaltar, que a exploração deste aquífero exige cuidados especiais, uma vez que, suas estruturas são formadas por diques que apresentam fragilidade geotécnica.

5.3 MANANCIAIS SUPERFICIAIS FUTUROS

Além dos mananciais atualmente utilizados pode-se citar outros mananciais pela sua potencialidade de uso.

5.3.1 Bacia do Rio da Várzea

O rio da Várzea nasce na Serra do Mar e apresenta uma área de drenagem de 475 km² e uma vazão de 8.870 l/s. A área da bacia sofre a influência dos municípios de Rio Negrinho, Areia Branca dos Assis, Tijucas do Sul, Agudos do Sul, Campestre, Tabatinga, Morro vermelho e Campo Alto.

Apesar da grande disponibilidade hídrica da bacia, a captação de água da mesma implica em custos operacionais e de implantação, uma vez que, a captação seria realizada a uma distância de 60 km sendo transportada por adutoras e o desnível topográfico, entre a cidade de Curitiba e o ponto de captação, é de aproximadamente 130 m.

5.3.2 Bacia do Rio Capivari

O rio Capivari apresenta uma vazão de 17.100 l/s e está localizada a 50 km de Curitiba. A utilização desta bacia, como manancial para abastecimento público, implica em negociações com a COPEL já que a mesma utiliza esta bacia para geração de energia elétrica.

5.3.3 Bacia do Rio Açungui

O rio Açungui drena uma área de 1265 km² e apresenta uma vazão de 3030 l/s. Entretanto a utilização deste manancial também implica em custos de operação e implantação, pois o mesmo está distante 50 km da cidade de Curitiba, enquanto o desnível topográfico é de aproximadamente 425 m.

5.3.4 Bacia do Rio Arraial

O rio Arraial drena uma área de 286 km² e produz uma vazão de 5640 l/s. Sua utilização em curto prazo também é dificultada em virtude da sua utilização pela COPEL. Outro fator limitante a sua utilização é a necessidade de transposição das águas desta bacia para a bacia do rio Pequeno ou Miringuava.

5.4 AVALIAÇÃO FUTURA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA RMC

Conforme apresentado anteriormente, os mananciais da cidade de Curitiba e Região Metropolitana já sofrem com a influência do crescimento dos municípios sobre suas áreas de drenagem, afetando a qualidade das águas e comprometendo o abastecimento.

Cabe apresentar aqui um estudo realizado por ANDREOLI et al. (1999), no qual é feita uma simulação relacionando a disponibilidade hídrica para RMC e as projeções de demanda para os anos de 2000 a 2050. Para tal simulação foram considerados três cenários distintos descritos a seguir:

- a) O primeiro cenário baseado no Plano Diretor de 1992 e elaborado pelo Consórcio Geotécnica, considera a ocupação urbana regularizada sobre as áreas de mananciais, bem como a recuperação do rio Palmital, o aproveitamento do rio Pequeno e a utilização dos mananciais do rio da Várzea, do Açungui e do aquífero Cárstico.
- b) O segundo cenário baseia-se no Plano de Recursos Hídricos realizado em

1995. Neste são retiradas às bacias incrementais dos rios Iraí, Iraizinho, Meio, Piraquara, Palmital, Itaquí e Pequeno localizadas no Altíssimo Iguaçu e os rios Campina e Cerro Azul, Cotia, Piunduva e a redução das bacias do rio Despique, das Onças (Contenda), das Onças (Mandirituba) e rio do Mauricio, todos situados no Alto Iguaçu.

- c) O terceiro cenário mantém os mananciais menos sujeitos as expansões urbanas, restando no Altíssimo Iguaçu uma produção de 1200 l/s, proveniente da barragem do Piraquara I e Piraquara II e mais a produção da barragem do Rio Pequeno, além da permanência do aquífero Karst com 200 l/s. No Alto Iguaçu a exclusão do Rio das Onças (Contenda), Rio Mauricio, Rio Cotia e parte da bacia do Rio Despique. A retirada parcial do manancial do Rio da Várzea.

Em função destas considerações para cada um dos três cenários, obteve-se a disponibilidade hídrica para RMC, conforme mostra a Tabela 28.

TABELA 28 - DISPONIBILIDADE HIDRICA DOS TRÊS CENÁRIOS - RMC

MANANCIAL	CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		CENÁRIO 3	
	Capacidade Produção l/s	Capacidade Acumulada l/s	Capacidade Produção l/s	Capacidade Acumulada l/s	Capacidade Produção l/s	Capacidade Acumulada l/s
Aquífero Karst	600	600	600	600	200	200
Altíssimo Iguaçu	7.525	8.125	4.500	5.100	3.200	3.400
Alto Iguaçu	10.210	18.335	4.321	9.421	4.621	8.021
Rio da Várzea	8.780	27.115	8.780	18.201	3.600	11.621
Rio Açu	11.475	38.590	14.400	32.601	14.400	26.021

FONTE: ANDREOLI et al. (1999)

Os consumos per capita adotados neste estudo variam entre 200 a 300 l/hab.dia e englobam os consumos doméstico e industrial. A demanda compensada refere-se à demanda do dia de maior consumo, considerada 10% a mais da demanda média calculada. As projeções de população, demanda média e demanda compensada, são mostradas na Tabela 29.

TABELA 29 – POPULAÇÃO, DEMANDA MÉDIA E DEMANDA COMPENSADA PARA O PERÍODO DE 2000 A 2050 - RMC

ANO	POPULAÇÃO 10 ⁴ hab.		CONSUMO PER CAPITA l/hab.dia	DEMANDA MÉDIA l/s		DEMANDA COMPENSADA l/s	
	MÁX.	MÍN.		MÁX.	MÍN.	MÁX	MIN
2000	2.800	2.800	200	6.482	6.482	7.130	7.130
2005	3.206	3.160	250	9.277	9.143	10.205	10.057
2010	3.808	3.699	250	11.018	10.703	12.120	11.773
2015	4.457	3.802	280	14.444	12.321	15.888	13.537
2020	5.217	4.875	280	16.907	15.799	18.597	17.378
2025	5.989	5.382	280	19.409	17.442	21.350	19.187
2030	6.876	5.942	280	22.283	19.256	24.511	21.182
2035	7.592	6.049	300	26.361	21.003	28.997	23.103
2040	8.547	7.102	300	29.677	24.659	32.645	27.125
2045	9.344	7.726	300	32.444	26.826	35.688	29.509
2050	10.216	8.406	300	35.472	29.187	39.019	32.106

FONTE: ANDREOLI et al. (1999)

Comparando as Tabelas 28 e 29 as conclusões apresentadas pelos autores são:

- No cenário 1 a disponibilidade hídrica supriria o abastecimento da demanda máxima compensada até 2049.
- No cenário 2 o equilíbrio entre a demanda e a oferta se mantém até 2050 para a demanda compensada mínima, e para a demanda máxima compensada até 2040.
- No cenário 3 a oferta de água só atende a população mínima compensada até 2035.

5.5 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO REUSO DE ÁGUA CINZA PARA RMC

Diante do exposto no item 5.4, fica evidente a urgência em se tomar medidas de conservação e preservação dos recursos hídricos, sejam elas em nível de manancial abastecedor, dos sistemas públicos de abastecimento e de sistema predial.

Isto posto, a presente avaliação quantitativa considera o uso da água cinza em usos urbanos não potáveis, em especial, as descargas sanitárias e a lavagem de pisos e automóveis. Isto se deve ao fato, das bacias sanitárias serem citadas como as principais responsáveis pelo consumo de água potável em um domicílio OLIVEIRA (1999). Tal

consumo pode representar 41% do total de água consumida em uma residência (QASIM, SYED ¹⁵apud TOMAZ 2000), enquanto a lavagem de pisos e automóveis consome aproximadamente 4% do volume de água (TOMAZ, 2000).

Inicialmente estimou-se o novo consumo per capita de água potável, em função do uso da água cinza nas bacias sanitárias e na lavagem de pisos e automóveis. Para isto, fez-se as seguintes considerações:

- a) As bacias sanitárias são de 12 litros e utilizadas com uma frequência de 4 vezes ao dia. Portanto, consomem 48 litros de água potável ao dia por pessoa.
- a) A lavagem de pisos e automóveis utiliza um valor de aproximadamente 5 litros por dia por pessoa.

Assim, se água cinza for utilizada nas aplicações citadas acima o consumo per capita de água potável pode ser reduzido em 53 litros por habitante por dia, como mostra a Tabela 30.

TABELA 30 – CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA POTÁVEL EM FUNÇÃO DO REUSO DE ÁGUA CINZA PARA CIDADE DE CURITIBA

CONSUMO (l/hab.dia)	ANOS			
	2000	2005 - 2010	2010 - 2030	2030 - 2050
Consumo Per Capita sem Reuso da Água Cinza ¹	200	250	280	300
Consumo Per Capita com Reuso da Água Cinza (l/hab.dia) ²	200	197	227	247

Nota (1): ANDREOLI et al. (1999); (2): Autora

A partir do novo consumo de água por habitante por dia, obteve-se as novas projeções para as demandas médias e compensadas de água potável, apresentadas na Tabela 31.

¹⁵ QASIM, S. R. Wastewater Treatment Plants. Estados Unidos: Lancaster: PA, Technomic

TABELA 31 – POPULAÇÃO, DEMANDA MÉDIA E DEMANDA COMPENSADA DE ÁGUA PARA O PERÍODO DE 2000 A 2050 – RMC, CONSIDERANDO O REUSO DA ÁGUA CINZA

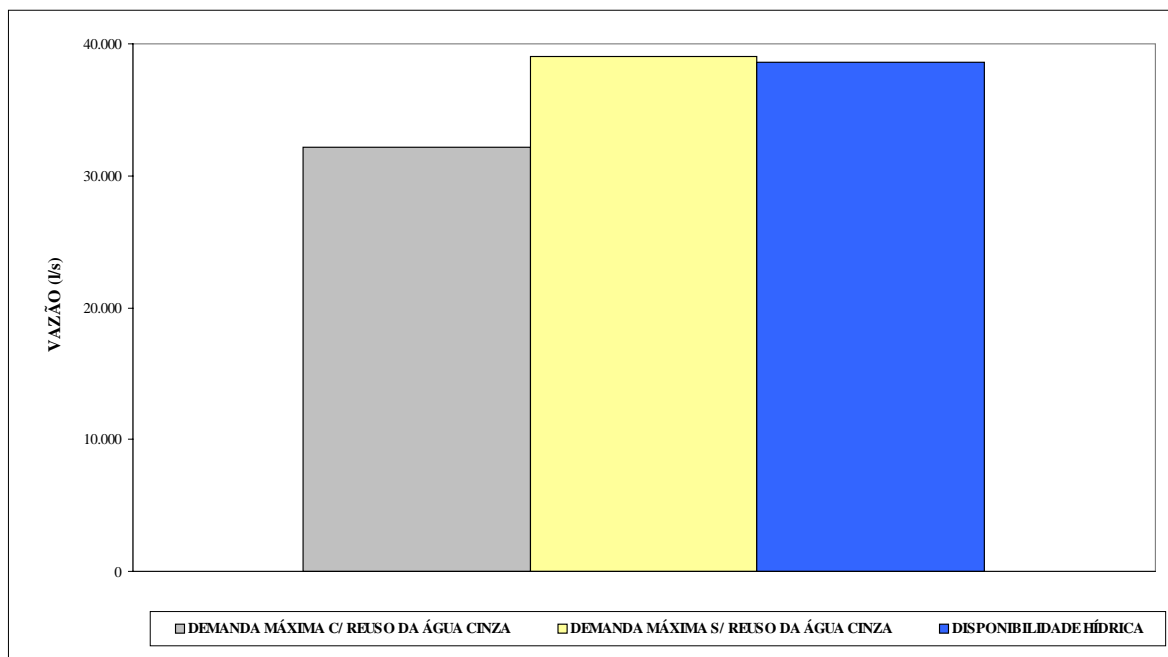
ANO	POPULAÇÃO 10 ⁴ hab.		CONSUMO PER CAPITA l/hab.dia	DEMANDA MÉDIA l/s		DEMANDA COMPENSADA l/s	
	MÁX.	MÍN.		MÁX.	MÍN.	MÁX	MIN
2000	2.800	2.800	200	6.482	6.482	7.130	7.130
2005	3.206	3.160	197	7.309	7.205	8.039	7.925
2010	3.808	3.699	197	8.682	8.434	9.550	9.277
2015	4.457	3.802	227	11.079	9.989	12.879	10.988
2020	5.217	4.875	227	13.706	12.808	15.077	14.089
2025	5.989	5.382	227	15.734	14.140	17.307	15.554
2030	6.876	5.942	227	18.065	15.611	19.872	17.172
2035	7.592	6.049	247	21.704	17.293	23.874	19.022
2040	8.547	7.102	247	24.434	20.303	26.877	22.333
2045	9.344	7.726	247	26.712	22.087	29.383	24.296
2050	10.216	8.406	247	29.205	24.031	32.125	26.434

FONTE: Autora

Comparando-se as tabelas 29 e 31, em termos de demanda compensada, obtém-se uma economia significativa de água para o período de 2000 a 2050. Para a demanda compensada máxima, verifica-se uma redução no consumo de 2.166 l/s em 2005 e, atinge uma redução de 6.894 l/s em 2050. Portanto, com a economia ganha para o ano de 2050 de 6.894 l/s e estimando que o consumo per capita seja de 247 l/s, é possível ao sistema de abastecimento atender uma nova população de 2.4 milhões de habitantes, isto é, uma população comparada a da cidade de Curitiba e região metropolitana nos dias atuais.

Os gráficos a seguir apresentam os três cenários mencionados anteriormente comparando a disponibilidade hídrica apresentada na tabela 28, a demanda de água mostrada na tabela 29, e a demanda de água potável caso a prática do reuso da água cinza fosse adotada (tabela 31).

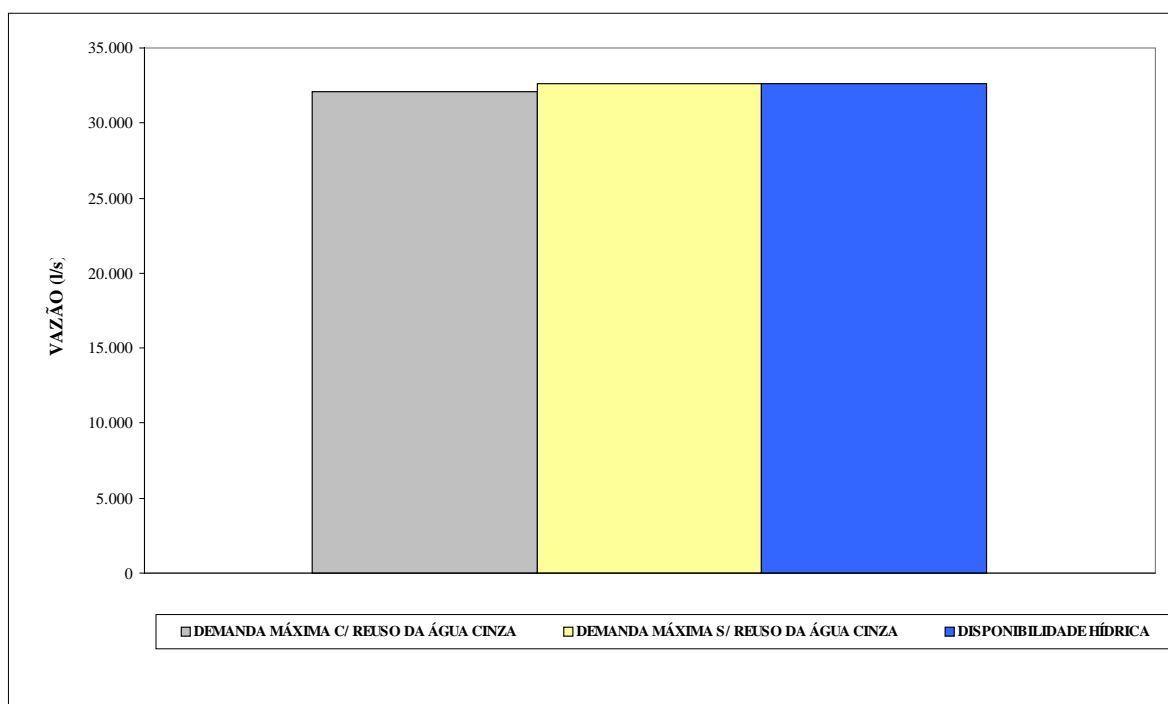
FIGURA 11 – COMPARAÇÃO ENTRE AS DEMANDAS MÁXIMAS COMPENSADAS COM E SEM REUSO DA ÁGUA CINZA E A DISPONIBILIDADE HÍDRICA – CENÁRIO 1.



Conforme mostra a figura 11, para o ano de 2050 a disponibilidade hídrica acumulada no cenário 1 atinge 38.590 l/s enquanto a demanda compensada máxima com reuso da água cinza é de 32.155 l/s. Assim seria necessário utilizar 83% destes recursos naturais para atender a demanda máxima de água. A economia de água para este caso é de 6.435 l/s.

Em contrapartida, se nenhuma medida de conservação for adotada como, por exemplo, o reuso da água cinza, a capacidade do sistema de 38.590 l/s não atenderá satisfatoriamente a demanda de 39.019 l/s em 2050. Portanto, o déficit de atendimento será de 429 l/s, isto significa deixar de atender uma população de 123.552 habitantes que corresponde, nos dias de hoje, aproximadamente a população urbana dos municípios de Araucária e Pinhais.

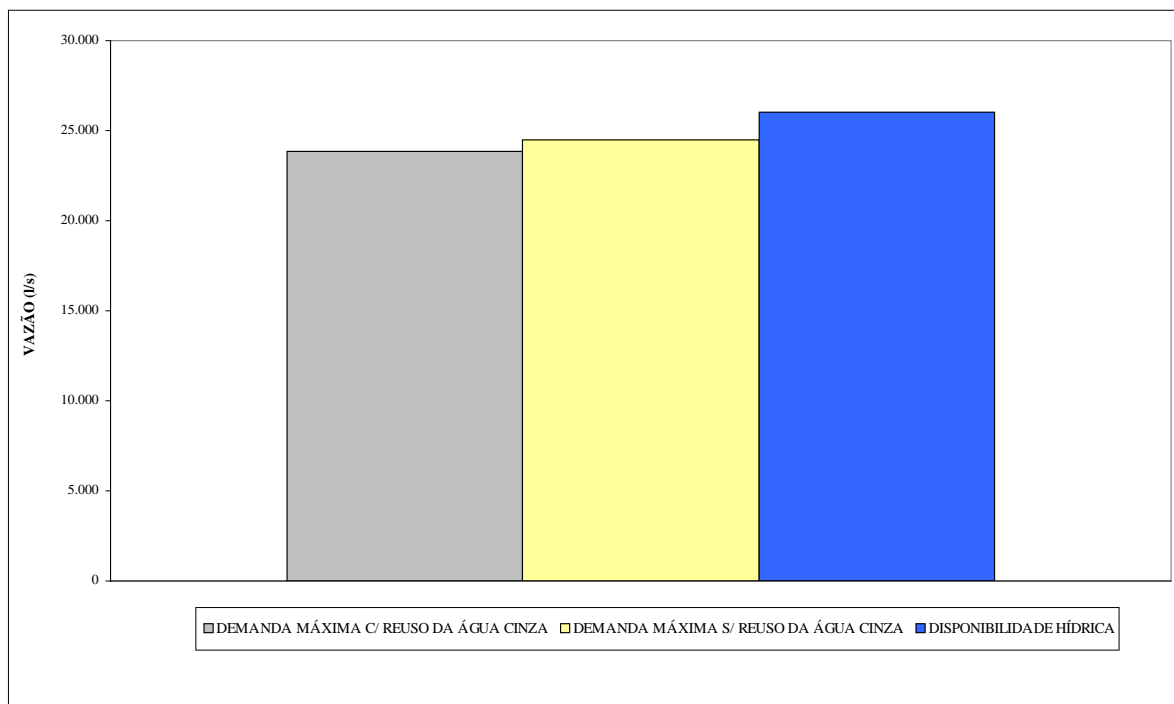
FIGURA 12 – COMPARAÇÃO ENTRE AS DEMANDAS MÁXIMAS COMPENSADAS COM E SEM REUSO DA ÁGUA CINZA E A DISPONIBILIDADE HÍDRICA – CENÁRIO 2.



Conforme mostra a figura 12, para o ano de 2050 a disponibilidade hídrica acumulada no cenário 2 é de 32.601 l/s, enquanto a demanda máxima com reuso da água cinza é de 32.125 l/s. Assim, seriam utilizados 98% destes para atender a demanda máxima de água. A economia de água seria de 476 l/s.

Com esta economia seria possível atender uma comunidade com 137.088 habitantes que corresponde, nos dias de hoje, a população urbana dos municípios de Araucária e Campina Grande do Sul. Em contrapartida, segundo ANDREOLI et al. (1999), se nada for feito para preservar os recursos hídricos da região, o sistema atenderá, para as condições deste cenário, a demanda máxima compensada até 2040. Portanto, para o cenário 2 o reuso da água cinza pode contribuir para prolongar a vida útil dos mananciais em 10 anos.

FIGURA 13 – COMPARAÇÃO ENTRE AS DEMANDAS MÁXIMAS COMPENSADAS COM E SEM REUSO DA ÁGUA CINZA E A DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA O ANO DE 2050 – CENÁRIO 3.



Conforme mostra a figura 13, para o ano de 2050 a disponibilidade hídrica acumulada no cenário 3 é de 26.021 l/s. Esta disponibilidade é capaz de atender a demanda mínima compensada prevista entre os anos de 2045 e 2050 caso a água cinza seja utilizada. Caso nenhuma medida de conservação seja adotada, o esgotamento dos recursos hídricos se dará entre os anos de 2035 e 2045.

5.6 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO REUSO DE ÁGUA CINZA PARA RMC

Quanto ao aspecto qualitativo para o reuso da água cinza é necessário admitir critérios de qualidade segundo o uso pretendido. Tais critérios de qualidade visam garantir e assegurar a integridade sanitária do usuário e do meio ambiente.

Como a prática do reuso de água cinza, em nível habitacional, começa a ser debatido agora em Curitiba, como mostra a iniciativa do Presidente da Câmara Municipal, João Cláudio Derosso e autor do Projeto de Lei que cria o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações, com intuito de conservar os recursos hídricos é importante salientar que a prática do reuso da água cinza exige a

criação de critérios de qualidade que orientem a sua aplicabilidade. Isto porque, observou-se que a água cinza caracterizada neste trabalho não atende aos critérios de qualidade quando comparada aos códigos de outros países onde o reuso é uma prática mais difundida.

Portanto, para viabilizar a prática do reuso da água cinza em termos qualitativos para a cidade de Curitiba e sua região metropolitana, é necessário que a mesma seja previamente tratada, de forma a adequar suas características e garantir a segurança sanitária dos seus usuários. Para tal, pode-se adotar o indicado pela *Environmental Protect Agency* (EPA), que consta de parâmetros de qualidade do efluente tratado como também sugere a forma de tratamento, conforme mostra o quadro 9.

QUADRO 9 – CRITÉRIO DE QUALIDADE ADOTADO PARA A ÁGUA CINZA (EPA)

TIPOS DE REUSO	TRATAMENTO	QUALIDADE DA ÁGUA RECUPERADA
Reuso urbano, todos os tipos de irrigação, lavagem de veículos, descarga de bacias sanitárias, proteção contra incêndios e outros usos similares	Secundário Filtração Desinfecção	pH: 6-9 DBO \leq 10 mg/l Turbidez \leq 2 NTU Coliforme Fecal Não Detectável

FONTE: EPA (1992)

O objetivo do critério acima, apenas é ser um balizador como padrão de qualidade para o reuso de água cinza, cabendo aos órgãos competentes torná-los mais ou menos restritivos em função dos usos propostos, da segurança sanitária desejada e das implicações econômicas que cada tipo de tratamento apresenta.

6 CONCLUSÕES

Promover a sustentabilidade dos recursos hídricos é um dos objetivos preconizados pela Agenda 21 para assegurar a sobrevivência das atuais e futuras gerações. Para isso, é necessário que a sociedade reveja seus velhos conceitos e padrões de crescimento e desenvolvimento.

A exploração desenfreada dos recursos hídricos, o desperdício de água, a degradação dos mananciais abastecedores conduzem a um quadro de escassez quantitativo e qualitativo gerando os conflitos pelo uso da água, bem como impondo limites ao desenvolvimento das cidades.

Neste contexto, a cidade de Curitiba e região metropolitana apresenta a exclusão de alguns de seus rios que em virtude do alto grau de poluição tornam os custos dos processos de tratamento inviáveis.

Como visto, os mananciais futuros possíveis de utilização e que circundam a região metropolitana apresentam restrições econômicas e construtivas para sua implementação, além de que em alguns casos são utilizados por outros usos.

Administrar tal situação exige, agora mais do nunca, uma ação política eficaz que oriente, discipline e regule a utilização dos recursos hídricos. Sendo assim, começam a serem implementados em nosso país medidas e ações de gerenciamento da demanda de água. A aplicação das medidas de gerenciamento conduz a conservação dos recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica, de sistemas públicos de abastecimento e sistemas prediais.

Não obstante, começam a surgir em nosso país os programas de uso racional da água. Em âmbito federal têm-se o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água – PNCDA e, nos estados, pode-se citar a cidade de São Paulo com o Programa de Uso Racional da Água - PURA desenvolvido pela SABESP, IPT e USP e, a partir de 2003, a cidade de Curitiba apresenta seu primeiro projeto de lei que busca instituir e criar ferramentas para o uso racional da água.

O programa de uso racional da água apresentado na Câmara Municipal de Curitiba incentiva a utilização de fontes alternativas de água dentro das edificações,

como a água do chuveiro e da chuva, no intuito de evitar o colapso de seus mananciais abastecedores.

Desta forma, a água do chuveiro mencionada neste projeto de lei, nada mais é, que a água cinza caracterizada neste estudo e cujo objetivo maior se confunde ao citado pelo referido projeto, isto é, contribuir para a economia de água em nível de manancial abastecedor.

A utilização da água cinza em usos menos nobres, como as descargas de bacias sanitárias e a lavagem de pisos e automóveis, pode contribuir com uma redução no consumo per capita de 53 litros por habitante por dia, o que representa uma economia de 17% no consumo de água potável. Por isso, é inadmissível continuar despendendo água potável em usos que acolhem uma água de qualidade inferior quando se observa que, em muitos países, os seus habitantes não dispõem da quantidade mínima de 40 l/hab.dia.

É preciso destacar que os parâmetros físicos, químicos microbiológicos da água cinza encontrados neste estudo não apresentam qualidade adequada para sua utilização imediata, visto que as concentrações dos mesmos se assemelham a um esgoto bruto fraco.

Portanto, a aceitabilidade da prática do reuso pelo usuário fica condicionada a aos padrões de qualidade, de forma a conferir um aspecto visual livre de partículas sólidas que causam aspecto turvo, bem como ausente de microorganismos que possam prejudicar a saúde humana.

Neste sentido, é oportuno alertar que a prática do reuso exige a definição de critérios de qualidade, os quais podem ser embasados nos critérios internacionais. Contudo, é preciso salientar que tais critérios devem ser adaptados a realidade brasileira.

7 RECOMENDAÇÕES

Com vistas a promover a sustentabilidade hídrica julga-se de suma importância:

- a) Investir em programas de conscientização que despertem a sociedade para a atual situação de degradação dos recursos hídricos e suas implicações para sobrevivência do homem.
- b) Estimular as ações de conservação em nível residencial, como a utilização de aparelhos economizadores e o reuso de efluentes.
- c) Instituição de leis e critérios de qualidade que incentivem e regulamentem o reuso da água cinza.
- d) Criar sistemas prediais de reuso de água cinza que contribuam para a redução do consumo de água potável dentro da edificação.
- e) Avaliar constantemente a qualidade deste efluente durante o seu período de armazenamento.
- f) Monitorar a qualidade da água cinza tratada de forma a promover o reuso sanitariamente seguro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, C. V. et al. Os mananciais de abastecimento do sistema integrado da região metropolitana de Curitiba – RMC. **Sanare – Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, v.12, n. 12, p. 19-30, jul-dez, 1999.

ANDREOLI, C. V. et al. Limites ao desenvolvimento da Região Metropolitana de Curitiba, impostas pela escassez de água. **Sanare – Revista Técnica da Sanepar**, Curitiba, v.12, n. 12, p. 31-42, jul-dez, 1999.

ASANO, T.; LEVINE, A. D. Wastewater reclamation recycling and reuse: past, present, future. **Water Science Techonology**, Britain, v.33, n. 10-11, p. 1-14, 1996.

BARBIERI, J. C. **Desenvolvimento e meio ambiente: as estratégias de mudanças da Agenda 21**. 2.ed. Petrópolis: Vozes, 1998.

BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade da água. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 125-174.

BRAGA, C. F. C.; RIBEIRO, M. M. R. Experiências em Gerenciamento da demanda urbana de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL –ABES, n.21, 2001, João Pessoa – PB.

BRASIL. Lei n. 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal e altera o artigo 1 da Lei n.8001, de 13 março de 1995. **Diário Oficial da República Federal do Brasil**, Brasília, 9 de janeiro de 1997.

CAMPOS, N.; STUDART, T. **Gestão de água – princípios e práticas**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH, 2001.

COBLE, R. Greywater recycling and alternative water resources. IN: A study Greywater. Florida, 1996.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.20 de 18 de junho de 1986. Classificação das águas doces. **Diário Oficial da República Federal do Brasil**, Brasília, 30 de julho de 1986.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21, 1992**. Curitiba, 2001. Ipardes.

CHRISTOVA-BOAL, D. et al. An investigation into greywater reuse for urban residential properties. **Desalination**, v. 106, p. 391–397, 1996. Disponível em: <[http:// www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)> Acesso em 21 jun. 2002.

CROOK, J.; SURAMPALLI, R. Y. Water reclamation and reuse criteria in the U.S. **Water Science Techonology**, Britain, v.33, n 10-11, p. 451-462, 1996.

CROOK, J. Critérios de qualidade para água de reuso Tradução de: Hilton Felício dos Santos. **Revista DAE**, São Paulo, v.54, n 174, p. 10-18, nov-dez, 1993.

DALARMI, O. Utilização futura dos recursos hídricos da Região Metropolitana de Curitiba. **Sanare**, Curitiba, v. 4, n. 4, p. 31-43, 1995.

DEPARTMENT OF HEALTH. **Draft Guidelines for the reuse of greywater in western Australia**. Disponível: <<http://www.health.wa.gov.au/publications/documents/HP8122%20Greywater%20Reuse%20Draft%20Guidelines.pdf>> Acesso em 14 set, 2002.

EPA – Environmental Protection Agency. **Guidelines for reuse**. Technology Transfer Manual, EPA/625/R-92/004, Washington D. C. setembro, 1992.

ERIKSSON, E. et al. Characteristics of grey wastewater. **Urban Water**, v. 4, issue 1, p. 85–104, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>> Acesso em 21 jun. 2002.

FINK, D.R.; SANTOS, H. F. A legislação de reuso de água. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 261–290.

GANOULIS, J.; PAPALOPOULOU, J. G. A. Risk Analysis of wastewater reclamation and reuse. **Water Science Technology**, Britain, v. 33, n. 10-11, p. 297-302, 1996.

GELT, J. et al. Water in the Tucson area: seeking sustainability. Arizona, 2001.

GLEICK, P. The human right to water. **Water Policy**, v. 1, p. 487–503, 1999. Disponível em: <<http://www.pacinst.org>> Acesso em 10 mar. 2002.

_____. Guide Global Water Issues, 1999. Disponível em: <www.itt.com/waterbook> Acesso em 10 mar. 2002.

JEPPESEN, B. Domestic greywater reuse: Australia's challenge for the future. **Desalination**, v. 106, p. 311-315, 1996. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>> Acesso em 10 jun. 2002.

KIBERT, C.J; KONE, D.L. Guidelines for the use of reclaimed water in the state of Florida. University of Florida, 1992.

LAVRADOR F^o, J. **Contribuição para o entendimento do reuso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. São Paulo, 1987, 198f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Hidráulica, Escola Politécnica da USP.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse**. 3 ed. Revised by TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F. New York: McGraw-Hill, 1991.

MORAIS, J. C.; KATO, M. T; FLORENCIO, L. Avaliação de um sistema UASB para tratamento de esgotos domésticos em Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL –ABES, n.21, 2001, João Pessoa – PB. CD-ROM.

NARDOCCI, A. D. Avaliação de riscos em reuso de água. In: MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H.F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 403–432.

NETTO, A. Manual de Hidráulica. São Paulo: Edgard, 1998, p. 465.

NOLDE, E. Greywater reuse systems for toilet flushing in multi-storey buildings – over ten years experiences in Berlin. **Urban Water**, v. 1, issue 4, p. 275–284, 1999. Disponível em: <<http://www.Sciencedirect.com>> Acesso em 21 jun. 2002

NSWHEALTH. **Greywater reuse in sewerred single domestic premises**. Disponível em: <http://www.health.nsw.gov.au/public_health/ehb/general/wastewater/greywater~policy.pdf> Acesso em 14 set, 2002.

OLIVEIRA, L. H de. **Metodologia para a implementação de programa de uso racional da água em edifícios**. São Paulo, 1999, 344f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP.

_____. O mundo. **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro, n. 14, p. 6-10, abr-jun, 2000.

PAGANINI, W. da S. **Disposição de esgotos no solo (escoamento a superfície)**. São Paulo: Fundo editorial da AESABESP, 1997.

PESSÔA, C. A.; JORDÃO, E. P. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

PORTARIA n. 1469

ROCHA, S. Ladrão das águas. **Revista de Tecnologia da Construção**, São Paulo, p.16-20, nov-dez, 1996.

ROSE, J. B. et al. Microbial quality and persistence of enteric pathogens in greywater from various household sources. **Water Research**, Britain, v. 25, n.1, p. 37-42, 1991.

SANTOS, D. C. Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental. **Revista da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. Porto Alegre: Antac, v. 2, n.4, out dez, 2002.

SANTOS, D. C.; SAUNITTI, R. M.; BUSATO, R. O recurso água: promovendo a sustentabilidade do manancial através do uso de bacias sanitárias economizadoras de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL –ABES, n.21, 2001, João Pessoa – PB. CD-ROM.

STANDART. **Methods for the examination of water and wastewater**. 20⁰ ed. Washington: APHA, AWWA, WEF, 1998.

SETTI, M. do C.B de C. **Reuso da água condições de contorno**. São Paulo, 1995, 266f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da USP.

SILVA, R. T.; CONEJO, J. G. L.; MIRANDA, E. C.; ALVES, R. F. F. **Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água**. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Brasília, 1998. (DTA – Documento de apoio técnico A2)

SOUTH EAST WATER. South east water's household greywater reuse guidelines. Disponível em: <http://www.sewl.com> > acesso em 10 ago.2002

UNIVERSIDADE DA ÁGUA, 2003. Disponível em: <<http://www.uniagua.org.br/default.asp?tp=3&pag=aguaplaneta.htm>

SPERLING, M.V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996.

SPERLING, M.V. Coliformes e pH – Médias aritméticas, medidas geométricas e medianas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL –ABES, n.21, 2001, João Pessoa – PB. CD-ROM. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 1996.

TOMAZ, P. **Previsão do consumo de água . Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos**. São Paulo: Navegar, 2000.

WATER CONSERVATION ALLIANCE OF SOUTHERN ARIZONA. **Residential graywater reuse study – Graywater reuse survey: data e evaluation of results**. Disponível em: <<http://www.ag.arizona.edu>> acesso em 10 ago. 2002.

WHO & UNICEF. **The global water supply and sanitation assessment, 2000**. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/globassessment/global.toc.htm >Acesso em 20 fev. 2002.

YAMAGATA, H. et al. On-site insight into reuse in Japan. **Water** **21**, august 2002.